



João Manuel Tavares Nobre

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

Paredes pão-de-açúcar em edifícios de Aveiro

Evolução, materiais e características

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Ana Luísa Velosa, Professora Associada,
Universidade de Aveiro

Co-orientador: Paulina Faria, Professora Associada,
Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Zuzana Dimitrovová

Arguente: Professor Doutor Fernando Pinho

Vogal: Professora Doutora Ana Luísa Velosa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro, 2017

Paredes pão-de-açúcar em edifícios de Aveiro. Evolução, materiais e características

Copyright © João Manuel Tavares Nobre, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Terminada esta dissertação, gostaria de agradecer às pessoas e instituições que tornaram possível a conclusão desta etapa. Sem a ajuda de todos, a realização deste documento teria certamente sido bastante mais difícil.

Em primeiro lugar à Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa por tudo o que dispôs para que a minha aprendizagem ao longo dos anos em que a frequentei fosse a melhor possível. Agradecer de forma especial à Universidade de Aveiro dispor também de equipamentos imprescindíveis à realização de ensaios efectuados neste estudo sem nunca colocar qualquer entrave.

Agradecer também à Professora Doutora Ana Velosa, orientadora deste trabalho por toda a ajuda prestada bem como à Professora Doutora Paulina Faria, co-orientadora desta dissertação, por toda a disponibilidade e ajuda prestada mesmo sem ter a obrigação de o fazer.

Quero agradecer ainda a todas as pessoas que me ajudaram quer nos ensaios, como nas visitas aos locais para obtenção das amostras, particular e especialmente ao Professor Doutor Fernando Rocha, ao Engenheiro Paulo Morgado, à Engenheira Denise Terroso, à Engenheira Maria Carlos, à Engenheira Cristina Sequeira, à Engenheira Sara Moutinho e todas as outras pessoas que me ajudaram a completar o presente documento.

Agradecer ainda a todos os meus colegas e amigos da faculdade que partilharam inúmeros momentos e que me ajudaram a concluir esta etapa, em especial ao Gonçalo, Filipe, Rui, Ana, António, Gabriel, Diogo, Janu, Nuno, Pedro Boto, Pedro Martinho, André Lopes, João Nascimento, Lobo, entre outros.

Aos meus amigos de longa data, que apesar de não me ajudaram directamente na conclusão do curso, ajudaram em outros momentos, também eles importantes. São eles o Nucho, Azevedo, Tibi, Orlélio, Kinho, David, Sina, Ivan, Gabri, Cabeças, Sean, Zé Pereira, Temudo entre muitos outros que felizmente têm muita estima por mim.

Por último, agradecer à minha família, pois sem ela este percurso seria impossível. À minha super mãe, ao meu irmão, à minha namorada, aos meus padrinhos e tios e avós, sem esquecer quem sempre me mostrou o caminho certo, o meu Pai.

Resumo

A zona de Aveiro é rica em solos argilosos, mas a ausência de pedra fez com que, com a necessidade do desenvolvimento da construção na cidade, fosse necessário recorrer a materiais locais, para além de outros oriundos de outras paragens. Desenvolveram-se então as características paredes de adobe, com base em terras arenosas locais estabilizadas com cal aérea. No entanto, devido à carência de materiais, estas paredes continham também frequentemente resíduos cerâmicos provenientes da exaustiva produção de cerâmicas na região.

De entre o espólio de resíduos de cerâmica encontrada em vários edifícios antigos destacam-se as formas pão-de-açúcar. Estas formas não foram produzidas com o intuito de serem materiais de construção, mas sim com o objetivo de serem usadas no transporte da produção de açúcar. Contudo, há data de hoje, ainda se encontram aplicadas como material de construção de algumas alvenarias de paredes, disseminadas pela cidade de Aveiro. Essa aplicação única gerou a designação de “paredes pão-de-açúcar”.

Levantaram-se então questões relacionadas com estas mesmas paredes pão-de-açúcar qua a presente dissertação pretender ajudar a responder. O porquê de as formas pão-de-açúcar serem produzidas em Aveiro, se a região nunca produziu açúcar? Quais os locais de produção dentro da região? Quais as características geométricas, físicas, químicas e mecânicas das formas e das paredes com elas executadas?

A produção em Aveiro deveu-se à junção de vários factores: a sua boa localização para exportação via marítima, os bons barreiros para extração do material argiloso, a tradição da olaria e a necessidade de Aveiro comercializar e trocar algo por pedra, já que a região não é rica em pedra e necessita da mesma para a construção. Este último fator está comprovado pela presença de pedra basáltica, proveniente da ilha da Madeira, na região através de trocas comerciais com as formas pão-de-açúcar.

Procurou-se também identificar e datar a fundação das primeiras fábricas de cerâmica na região de Aveiro e perceber se as mesmas poderiam ter sido as unidades de produção das formas pão-de-açúcar. Este facto, não se veio a confirmar, porque a produção das formas cerâmicas do açúcar iniciou-se em meados do século XV e a primeira fábrica que se conseguiu datar iniciou a produção em 1774.

Os resultados de análises geométricas, químicas, mineralógicas e de resistência à compressão simples das formas pão-de-açúcar comparativamente a outros elementos cerâmicos utilizados na construção mais antiga da cidade de Aveiro, percebendo que tanto química como mineralogicamente não existem grandes diferenças e que quanto à resistência à compressão, as amostras pão-de-açúcar, apesar de apresentarem desvios padrões mais elevados têm resistências mecânicas também mais elevadas o que fez delas outrora as formas preferidas para exportação para vários países do mundo.

Palavras-chave: Forma pão-de-açúcar; Parede pão-de-açúcar; Produção cerâmica; Edificado Aveirense

Abstract

The area of Aveiro is rich in clay soils, due to the absence of stone and with the development of construction in the area it was necessary to resort to local materials but also from other places. Then the characteristic adobe walls were developed, based on local sands mixed with lime. However, due to the lack of materials, these walls frequently contained ceramic residues, resulting from the exhaustive production of ceramics in the region.

Among the ceramic residues found in masonry walls of several ancient buildings the sugar loaf forms (“pão-de-açúcar”) stands out. These forms were not produced with the intention of being construction materials, they were produced with the purpose of being used in the transportation of sugar production. However, they are still applied as building material for some walls masonry, throughout the city of Aveiro. This unique application has led to the designation of “sugar-bread walls”.

So questions were raised related with these sugar-loaf walls that the present dissertation intends to help answer. Why sugar-bread forms are produced in Aveiro, if the region has never produced sugar? What were the production sites in the region? What are the geometrical, physical, chemical, and mechanical characteristics of the forms and the masonries?

The production in Aveiro was due to the combination of several factors: its good location for sea transport, the good barriers for extraction of clay material, the tradition of pottery and the need for Aveiro to trade and exchange something for stone, since the region isn't rich in stone and needs it for construction. This last factor is evidenced by the presence of basalt stone in the region, coming from the island of Madeira, through commercial exchanges with the sugar loaf shapes.

It was also sought to identify and date the foundations of the first ceramic factories in the region of Aveiro and see if they could have been the production units of the sugar-bread forms. This fact was not confirmed because the production of the ceramic forms of sugar began in the middle of the 15th century and the first identified factory is dated 1774.

The results of geometric, chemical, mineralogical and simple compressive strength analysis of the sugar loaf forms compared to other ceramic elements used in the oldest constructions of the city of Aveiro, realizing that both chemically and mineralogically there are no major differences and that the compressive strength, the sugar-loaf samples, despite having higher standard deviations, also have higher mechanical strengths, which made them previously the preferred forms for export to several countries of the world.

Keywords: Sugar-bread form; Sugar-bread wall; Ceramic production; Aveiro's building

Índice do texto

RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DO TEXTO.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Enquadramento</i>	1
1.2 <i>Objectivos</i>	2
1.3 <i>Estrutura e organização do texto</i>	2
2. CERÂMICA E PRODUÇÃO EM AVEIRO.....	5
2.1 <i>Características e produtos</i>	5
2.1.1 Tijolo.....	8
2.1.2 Telha	13
2.1.3 Forma pão-de-açúcar	15
2.2 <i>Produção de cerâmica na região de Aveiro</i>	17
3. OBSERVAÇÃO E RECOLHA DE AMOSTRAS.....	25
3.1 <i>Inspeções in-situ</i>	25
3.1.1 Casa nº 1	26
3.1.2 Casa nº 2	32
3.1.3 Casa nº 3	34
3.1.4 Casa nº 4	38
3.1.5 Casa nº 5	39
3.1.6 Muro nº 1.....	40
3.1.7 Depósito de Cerâmicos.....	42
3.1.8 Muro nº 2.....	43
3.2 <i>Amostras Recolhidas</i>	44
3.2.1 Casa nº 1	45
3.2.2 Casa nº 2	46
3.2.3 Casa nº 3	47
3.2.4 Casa nº 4	47
3.2.5 Casa nº 5	48
3.2.6 Muro nº 1.....	49
3.2.7 Depósito de Cerâmicos.....	50
3.2.8 Muro nº 2.....	51
4. PROCEDIMENTOS E ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO	55
4.1 <i>Tratamento e Preparação das Amostras</i>	55
4.1.1 Preparação das amostras para a análise mineralógica	58
4.1.2 Preparação das amostras para a análise química	61
4.1.3 Preparação das amostras para o ensaio dinâmico de compressão uniaxial	62
4.2 <i>Análise mineralógica por difratometria de raios X</i>	65
4.3 <i>Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X</i>	68
4.4 <i>Resistência mecânica à compressão uniaxial</i>	70

5.	EXPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	73
5.1	<i>Análise Mineralógica</i>	73
5.2	<i>Análise Química</i>	76
5.3	<i>Resistência mecânica à compressão uniaxial</i>	80
6.	CONCLUSÕES	83
6.1	<i>Avaliação global</i>	83
6.2	<i>Desenvolvimentos futuros</i>	86
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	ANEXOS.....	A.1
	<i>Anexo I Amostras Casa nº 1</i>	A.2
	<i>Anexo I Amostras Casa nº 2</i>	A.2
	<i>Anexo I Amostras Casa nº 3</i>	A.3
	<i>Anexo I Amostras Casa nº 4</i>	A.6
	<i>Anexo I Amostras Casa nº 5</i>	A.6
	<i>Anexo I Amostras Muro nº 1</i>	A.7
	<i>Anexo I Amostras Depósito Cerâmico</i>	A.9
	<i>Anexo I Amostras Muro nº 2</i>	A.12
	<i>Anexo II Ensaio de Compressão</i>	A.14
	<i>Anexo III Difractogramas (DRX)</i>	A.16

Índice de figuras

FIGURA 1.1 - PAREDE PÃO-DE-AÇÚCAR	2
FIGURA 2.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS ARGILAS PARA USO CERÂMICO COM BASE NA COR APÓS A QUEIMA	7
FIGURA 2.2 - ESQUEMA DO DIMENSIONAMENTO DOS TIJOLOS CORRENTES MAIS RECORRENTES	11
FIGURA 2.3 - ESQUEMA GENÉRICO DO PROCESSO DE FABRICO DAS TELHAS	15
FIGURA 2.4 - FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR REAPROVEITADAS EM PAREDE DE ALVENARIA	17
FIGURA 2.5 - FÁBRICA DE CERÂMICA DE JERÓNIMO PEREIRA CAMPOS & FILHOS	21
FIGURA 3.1 - LOCALIZAÇÕES DOS PONTOS DE INSPECÇÃO NA CIDADE DE AVEIRO	25
FIGURA 3.2 - FACHADA DA CASA Nº 1	26
FIGURA 3.3 - LOCALIZAÇÃO DA CASA Nº 1	27
FIGURA 3.4 - COMPOSIÇÃO DA PAREDE (CERÂMICA E ADOBES)	27
FIGURA 3.5 - ESPESSURA DE REBOCO EMPOLADO (A) E CAMADA DE ACABAMENTO DE REBOCO EMPOLADA (B)	28
FIGURA 3.6 - CACOS CERÂMICOS NA CONSTITUIÇÃO DO ENCHIMENTO DA PAREDE	28
FIGURA 3.7 - COLORAÇÃO DISTINTA ENTRE OS VÁRIOS CACOS CERÂMICOS	29
FIGURA 3.8 – VÁRIAS DIMENSÕES DAS FORMAS. DIÂMETRO MAIOR (A) E (B), COMPRIMENTO (C) E DIÂMETRO MENOR (D)	30
FIGURA 3.9 – PORMENOR DA CONSTITUIÇÃO DA PAREDE DE FACHADA DA CASA DO SEIXAL	30
FIGURA 3.10 – FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR E ARGAMASSA NA PAREDE DA CASA Nº 1: À ESQUERDA EM 2009 (FOTO DE PAULO MORGADO) E À DIREITA EM 2017	31
FIGURA 3.11 - RECOLHA DA AMOSTRA NA PAREDE PÃO-DE-AÇÚCAR	32
FIGURA 3.12 - FACHADA DA CASA Nº 2	32
FIGURA 3.13 - LOCALIZAÇÃO DA CASA Nº 2	33
FIGURA 3.14 - VÁRIOS TIPOS DE CERÂMICA APLICADA NA PAREDE. PEDRA DE EIROL (A), TELHA CERÂMICA ANTIGA (B) E TIJOLO COMPACTO (C)	33
FIGURA 3.15 - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS SOB AS ESCADAS	34
FIGURA 3.16 - FACHADA DA CASA Nº 3 – RUA DA ARROCHELA (A); FACHADA DA CASA Nº 3 – RUA HOMEM CRISTO FILHO (B)	35
FIGURA 3.17 - ESPESSURA DE REBOCO EMPOLADO	35
FIGURA 3.18 – LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS – 1º FOGO	35
FIGURA 3.19 - DIMENSÕES DAS ABERTURAS DAS PAREDES	36
FIGURA 3.20 - LOCALIZAÇÕES DE ALGUMAS DAS AMOSTRAS – 2º FOGO	36
FIGURA 3.21 - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS – 4º FOGO	37
FIGURA 3.22 - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS - 5º FOGO	38

FIGURA 3.23 - PRIMEIRO LOCAL INSPECCIONADO - CASA Nº 4	39
FIGURA 3.24 - LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA RECOLHIDA	40
FIGURA 3.25 – FACHADA DA CASA Nº 5	40
FIGURA 3.26 - MURO COM FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR NA SUA CONSTITUIÇÃO	41
FIGURA 3.27 - LOCALIZAÇÃO DO MURO Nº 1	41
FIGURA 3.28 - ESTRATIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DO MURO	42
FIGURA 3.29 - DEPÓSITO CERÂMICO	42
FIGURA 3.30 - LOCALIZAÇÃO DO DEPÓSITO DE ESPÓLIO CERÂMICO	43
FIGURA 3.31 - LOCALIZAÇÃO DA RECOLHA DE UMA DAS AMOSTRAS	43
FIGURA 3.32 - MURO Nº 2 (COBERTO POR VEGETAÇÃO DENSE)	44
FIGURA 3.33 - LOCALIZAÇÃO DA RECOLHA DA AMOSTRA	45
FIGURA 3.34 - AMOSTRA RECOLHIDA (A) E ARGAMASSA DE PREENCHIMENTO (B)	46
FIGURA 3.35 - AMOSTRAS RECOLHIDA (A), AMOSTRA MAIOR (B) E AMOSTRA MAIS PEQUENA (B)	46
FIGURA 3.36 - AMOSTRAS RECOLHIDAS NO FOGO 1 (A); NO FOGO 2 (B); NO FOGO 3 (C); NO FOGO 4 (D)	47
FIGURA 3.37 - AMOSTRA RECOLHIDA NA CASA Nº 4 (A); AMOSTRA RECOLHIDA NA CASA Nº 4 (B)	48
FIGURA 3.38 - AMOSTRA RECOLHIDA NA CASA Nº 5 (A); AMOSTRAS RECOLHIDAS NA CASA Nº 5 (B)	49
FIGURA 3.39 - AMOSTRAS RECOLHIDAS NO MURO Nº 1	49
FIGURA 3.40 - AMOSTRA RECOLHIDA NO MURO Nº 1 (A); AMOSTRA RECOLHIDA NO MURO Nº 1 (B)	50
FIGURA 3.41 - FUNDO DE UMA FORMA CERÂMICA - INTERIOR (A) E EXTERIOR (B)	50
FIGURA 3.42 - AMOSTRAS RECOLHIDAS NO DEPÓSITO DE CERÂMICOS	51
FIGURA 3.43 - AMOSTRAS RECOLHIDAS NO MURO Nº 2	51
FIGURA 3.44 - ESQUEMA GEOMÉTRICO DAS FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR	52
FIGURA 3.45 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS DIFERENTES GAMAS DE POSICIONAMENTOS DAS AMOSTRAS ENCONTRADAS	53
FIGURA 4.1 - AMOSTRAS SUBMERSAS ANTES DO PROCESSO DE LIMPEZA SUPERFICIAL (A), (B) E (C)	56
FIGURA 4.2 - AMOSTRAS ANTES (A) E DEPOIS (B) DE SUBMETIDA À LIMPEZA COM A ESCOVA. SECAGEM DAS AMOSTRAS (C)	56
FIGURA 4.3 - MOINHO DE BOLA - <i>RETSCH RMO</i>	58
FIGURA 4.4 - FRAGMENTAÇÃO MANUAL A PARTIR DA AMOSTRA RECOLHIDA	59
FIGURA 4.5 - AMOSTRAS EM PROCESSO DE FRAGMENTAÇÃO MANUAL	59
FIGURA 4.6 - AMOSTRA ANTES (A) E DEPOIS (B) DA MOAGEM	60
FIGURA 4.7 - PROCESSO DE ACONDICIONAMENTO DE CADA AMOSTRA (A), (B) E (C)	60
FIGURA 4.8 - DIFERENTES AMOSTRAS JÁ ACONDICIONADAS E IDENTIFICADAS	61

FIGURA 4.9 - MOINHO DE ARGOLAS - <i>RETSCH RS1</i>	61
FIGURA 4.10 - MOAGEM NO MOINHO DE ARGOLAS	62
FIGURA 4.11 - CORTE DAS AMOSTRAS CERÂMICAS - MÁQUINA DE CORTE <i>DEWALT</i>	63
FIGURA 4.12 - ALGUMAS AMOSTRAS JÁ CORTADAS	63
FIGURA 4.13 – AMOSTRA ACONDICIONADA E IDENTIFICADA (A) E AMOSTRAS PREPARADAS A ENSAIAR - FRX & DRX E COMPRESSÃO (B)	64
FIGURA 4.14 - DIFRAÇÃO DE RAIOS X POR UMA AMOSTRA CRISTALINA	66
FIGURA 4.15 – ESQUEMA DE UM DIFRACTÓMETRO DE FONTE LINEAR	67
FIGURA 4.16 – ESQUEMA DE UM DIFRACTOGRAMA	68
FIGURA 4.17 - COMPONENTES PRINCIPAIS DE UM ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X	69
FIGURA 4.18 - <i>SHIMADZU AG-IC 100 kN</i>	70
FIGURA 4.19 - AMOSTRA ANTES (A) E DEPOIS (B) DE ENSAIADA À COMPRESSÃO SIMPLES	71
FIGURA 5.1 - EXEMPLO DE DIFRACTOGRAMA DE UMA AMOSTRA	74
FIGURA 5.2 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MÉDIA DOS PROJETOS ENSAIADOS	81

Índice de tabelas

TABELA 2.1 - CLASSES DE RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO SEGUNDO A EN 771-1:2011+A1:2015	9
TABELA 2.2 - LIMITES DA PERCENTAGEM DE FURAÇÃO	10
TABELA 2.3 - EXIGÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS MAIS IMPORTANTES APLICÁVEIS A CERÂMICOS PARA ALVENARIA	13
TABELA 2.4 - PRIMEIRAS UNIDADES FABRIS DE PRODUÇÃO DE CERÂMICA DECORATIVA/AZULEJAR NA CIDADE DE AVEIRO	22
TABELA 2.5 - PRIMEIRAS UNIDADES FABRIS DE PRODUÇÃO DE CERÂMICA DE CONSTRUÇÃO NA CIDADE DE AVEIRO	22
TABELA 2.6 - PRIMEIRAS UNIDADES FABRIS DE PRODUÇÃO DE CERÂMICA DE CONSTRUÇÃO NO DISTRITO DE AVEIRO	22
TABELA 2.7 - PRIMEIRAS UNIDADES FABRIS DE PRODUÇÃO DE CERÂMICA DECORATIVA/AZULEJAR NO DISTRITO DE AVEIRO	22
TABELA 2.8 - EMPRESAS DE CERÂMICA DE CONSTRUÇÃO EM ACTIVIDADE NO DISTRITO DE AVEIRO	23
TABELA 2.9 - EMPRESAS DE CERÂMICA DECORATIVA/AZULEJAR EM ACTIVIDADE NO DISTRITO DE AVEIRO	23
TABELA 3.1 - LOCAIS VISITADOS E NOMENCLATURAS UTILIZADAS	26
TABELA 3.2 - LISTAGEM DAS AMOSTRAS POR GAMA DE POSICIONAMENTO	53
TABELA 4.1 - NOMENCLATURA UTILIZADA NA MARCAÇÃO DAS AMOSTRAS	57
TABELA 4.2 - AMOSTRAS NÃO FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR SUJEITAS A ENSAIOS	64
TABELA 4.3 - AMOSTRAS FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR SUJEITAS A ENSAIOS	65
TABELA 5.1 - MINERAIS IDENTIFICADOS NAS DIVERSAS AMOSTRAS	73
TABELA 5.2 - MINERAIS PRESENTES EM CADA UMA DAS AMOSTRAS ENSAIADAS NO DRX	74
TABELA 5.3 - ELEMENTOS QUÍMICO MAIORES PRESENTES NAS AMOSTRAS	76
TABELA 5.4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS RELATIVAS AOS ELEMENTOS MAIORES (%)	77
TABELA 5.5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS RELATIVAS AOS ELEMENTOS MENORES (PPM) – PARTE I	78
TABELA 5.6 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS RELATIVAS AOS ELEMENTOS MENORES (PPM) – PARTE II	79
TABELA 5.7 - VALORES DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA AMOSTRAS NÃO FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR	80
TABELA 5.8 - VALORES DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA AMOSTRAS FORMAS PÃO-DE-AÇÚCAR	80

Lista de abreviaturas e símbolos

Abreviaturas

ADA Arquivo Distrital de Aveiro

SN Secção Notarial de Aveiro

AHMA Arquivo Histórico e Municipal de Aveiro

IPQ Instituto Português da Qualidade

Propriedades e parâmetros

R_c Resistência à compressão (MPa)

DRX Difração de raios X

FRX Espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda

Compostos Químicos

A – Anatase

C – Calcite

D – Dolomite

FK – Feldspato Potássico

F – Filossilicatos

H – Hematite

I – Illite

MM – Magnetite/Maghemite

P – Plagioclase

Q – Quartz

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A reabilitação em Portugal tem-se desenvolvido gradualmente, um pouco à imagem de toda a Europa e tem-se vindo a tornar uma prática comum no “Velho Continente”. É aplicável essencialmente ao património urbano e arquitetónico tradicional, mas também ao parque edificado recente que tem grandes deficiências e degradações construtivas essencialmente devido à má qualidade de construção (Azeiteiro et al., 2012). Assim a pesquisa e desenvolvimento científico na construção e engenharia civil não se tem debruçado apenas e somente em novas técnicas construtivas, mas também à percepção do património construído pelos antepassados, percebendo assim quais as técnicas desenvolvidas bem como os materiais utilizados, incluindo aqui o programa onde esta dissertação está inserida: o projecto *DB-Heritage*. Este projecto “apresenta como estratégia de desenvolvimento e de inovação a preservação da informação e do valor histórico dos materiais” [W1], procura respostas para novas técnicas de preservação bem como de até novas técnicas construtivas como é o caso do tema abordado nesta dissertação, as paredes pão-de-açúcar.

É então essencial avaliar todo o material utilizado na construção de um qualquer elemento construtivo existente que seja ou fora utilizado na construção civil para se proceder a técnicas de reabilitação desse mesmo património sem que se o destrua posteriormente. Para isso têm que se desenvolver técnicas adaptativas a elementos e materiais construtivos garantindo assim a sua reabilitação, aproveitamento e, sempre que possível, o seu aspecto e funcionalidade. Portanto tentar-se-á obter a máxima informação relativa às características químicas, físicas e mecânicas dos materiais (pedra, betões, argamassas, tintas, produtos cerâmicos de construção e decorativos, metais e madeira) em estudo procurando descobrir os processos de deterioração e necessidades de conservação [W1] para que se proceda em conformidade com essas mesmas necessidades colmatando assim esses mesmos processos de deterioração.

Neste contexto, o aparecimento das paredes pão-de-açúcar em Aveiro (Figura 1.1) suscitou o natural interesse no desenvolvimento de estudo e ensaios para o aprofundamento dos conhecimentos sobre este espólio cerâmico raro e único e acrescentou ainda mais interesse à procura do saber do porquê de terem sido projectadas para servir de material cerâmico para a purga do açúcar e terem sido encontradas formas funcionando como elementos construtivos. No seguimento desta contextualização, ter-se-á todo o interesse em desenvolver estudos relacionados não só com as paredes pão-de-açúcar bem como sobre todo o material cerâmico (p.e.: telha) que foi implementado na construção durante alguns séculos e que ainda é possível observar e analisar.

É então de todo o interesse saber-se toda a história em volta da fabricação desta cerâmica da não-construção, a sua origem em Aveiro, bem como o porquê de terem sido adaptadas a elementos constituintes de paredes.



Figura 1.1 - Parede pão-de-açúcar

1.2 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivos a realização de um levantamento das características dos diferentes produtos cerâmicos de construção produzidos na região de Aveiro e compará-las com as características físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas das paredes pão-de-açúcar e, intrinsecamente, com as formas pão-de-açúcar. A comparação acontece entre os tijolos e telhas com as formas pão-de-açúcar.

Um outro objectivo será o levantamento das unidades fabris, quer de espólio cerâmico de construção, quer da cerâmica decorativa e azulejar atuais bem como das unidades existentes, funcionando mais como uma revisão bibliográfica essencialmente e perceber se existiram contributos destas unidades na produção de formas pão-de-açúcar.

Esta pesquisa está inserida no projeto *DB-Heritage* que tem como objectivo desenvolver uma base de dados/repositório a nível nacional sobre o património edificado existente bem como tudo o que com ele está relacionado. Desde “materiais históricos ou a compilação de amostras de referência” [W1], onde este espólio cerâmico está inserido.

1.3 Estrutura e organização do texto

A presente dissertação é composta por 6 capítulos. O actual capítulo é o capítulo introdutório que apresenta o enquadramento ao tema, os objectivos da realização e desenvolvimento deste mesmo tema bem como a organização documento.

O segundo capítulo corresponde ao estado do conhecimento actual, em particular acerca da cerâmica existente, a mais utilizada em Portugal – tijolo e telha – bem como as suas características. Mais

pormenorizado e entrando no contexto regional é ainda feita uma abordagem ao estado do conhecimento relacionado com as formas pão-de-açúcar e a sua aplicação na construção. Faz-se ainda um reconhecimento das fábricas de produção cerâmica que actualmente estão em laboração na região de Aveiro bem como aquelas que iniciaram e impulsionaram a região para este registo de produção. Este capítulo trata-se essencialmente de uma revisão bibliográfica pois não é acrescentada informação pelo autor.

No terceiro capítulo é descrito as inspecções que o autor realizou bem como as amostras que recolheu. Refere as localizações dos locais que visitou bem como a localização precisa de onde obteve as amostras já *in-situ*. Fala do número de amostras recolhidas em cada local visitado e remeta para anexo a visualização de todas as amostras conseguidas.

O quarto capítulo diz respeito à introdução à campanha experimental, onde se faz referência a algumas considerações gerais. É referido no capítulo 4 o tratamento feito a todas as amostras recolhidas bem como a preparação que cada uma delas sofreu com vista os ensaios futuros. É descrito particularmente cada tipo de preparação das amostras consoante a que ensaios estavam sujeitas. É ainda discriminado todas as amostras bem como a que ensaios cada uma delas esteve sujeita.

No quinto capítulo são expostos os resultados que se obtiveram e é ainda feita a análise aos resultados descritos anteriormente, realizando uma comparação dos resultados obtidos a partir das formas pão-de-açúcar com as restantes cerâmicas recolhidas, quer para a análise mineralógica como a análise química e a resistência à compressão.

O último capítulo, o capítulo seis, são apresentadas as conclusões a que o autor chegou pormenorizando as conclusões relativas aos ensaios, à pesquisa das fábricas em actividade e a origem das mesmas na região, aos resultados obtidos, bem como é exposto quais os desenvolvimentos futuros relacionados com a cerâmica do açúcar.

2. Cerâmica e produção em Aveiro

2.1 Características e produtos

A palavra cerâmica é de origem grega – vem do *keramikos* que significa “matéria queimada”, designação curiosa que associa o processo de fabrico ao material. A classe dos materiais cerâmicos engloba, porém, desde os artefactos cerâmicos mais antigos, alguns dos quais não sofreram quaisquer processos de cozedura até a alguns dos cerâmicos mais avançados, concebidos para as indústrias aeroespacial e electrónica (Gonçalves, 2004).

Há na produção actual de cerâmica grandes e distintos grupos de produtos cerâmicos realizados em grande escala, a cerâmica de construção/estrutural, a cerâmica decorativa, de louça sanitária e ainda a cerâmica de pavimentos e revestimentos entre outros grupos não tão utilizados pela grande maioria da população. Na produção da cerâmica de construção, o principal foco da presente dissertação, estão produtos como tijolos e telhas que incorporam todas as variantes destes mesmos produtos.

Sabe-se comumente que a cerâmica produzida presentemente está sob a alçada de normas que fazem com que a mesma tenha correspondência com determinadas características e requisitos. Toda a cerâmica comercializada actualmente está sujeita à normalização. De acordo com a norma *NP EN 45020:2009 – Normalização e actividades correlacionadas. Vocabulário geral* – normalização é definida como, “actividade destinada a estabelecer, face a problemas reais ou potenciais, disposições para a utilização comum e repetida, tendo em vista a obtenção do grau óptimo de ordem, num determinado contexto. A normalização proporciona importantes benefícios, nomeadamente através da melhoria da adequação dos produtos, processos e serviços aos fins para que foram concebidos, eliminando obstáculos ao comércio e facilitando a cooperação tecnológica” (IPQ., 2009). Resumidamente, as normas definem regras, linhas directrizes ou características e são aplicadas a actividades ou serviços, registadas em documentos de aplicação voluntária apesar de por vezes se tornarem obrigatórias quando a legislação as torna obrigatórias (Lopes, 2012). Assim, as normas têm como objectivos:

- Capacitar um produto, processo ou serviço em satisfazer um fim definido, sob condições específicas;
- Limitar a variedade – redução do número e tipo de produtos abrangendo uma gama definida e adequada face às necessidades do mercado;
- Compatibilidade – aptidão de produtos, serviços ou processos para serem utilizados conjuntamente nas condições especificadas para satisfazerem as exigências em causa, sem interacção inaceitável;
- Intermutabilidade – faculdade de utilizar produtos, serviços ou processos alternativos para satisfazer os mesmos requisitos;
- Segurança e protecção do ambiente.

De forma sistematizada, a normalização é executada por organismos que contam com a participação de todas as partes interessadas (produtores, consumidores, universidades, laboratórios, centros de pesquisas e entidades governamentais). Um organismo de normalização tem como principal função a elaboração, aprovação e divulgação de normas (Aboobaker, 2010).

Como se sabe esta procura pela standardização é relativamente recente e não existia há algumas décadas atrás. Apesar disso, sempre existiram fábricas que aprimoraram por fazer sempre bem, com qualidade e com processos de fabricação, mantendo o mais semelhante quanto possível os produtos elaborados. Assim, tentar-se-á comparar produtos da cerâmica de construção actuais – tijolos e telhas –

com produtos cerâmicos antigos sem normas standard que, apesar disso, devem ter características bastante semelhantes às características dos produtos comercializados nos dias que decorrem.

Os produtos actuais a que se vão expor as características gerais são os tijolos e telhas usualmente utilizados na construção das habitações familiares a que se irão comparar as amostras recolhidas e expostas posteriormente, quer de formas pão-de-açúcar quer de cacos cerâmicos de outros tipos de espólio cerâmico, por vezes não identificado, procurando assim semelhanças na composição química e mineralógica ou porventura diferenças substanciais que levem a crer que o modo de obtenção da cerâmica antigamente era feita de forma diferente obtendo assim uma datação mais precisa sobre a sua produção. Procurar-se-á também descobrir qual o valor aproximado da resistência à compressão uniaxial desse mesmo espólio cerâmico, em particular, das formas pão-de-açúcar e verificar se têm as características que as permitiram assumir um papel de elemento estrutural com a sua aplicação em fachadas nas agora conhecidas paredes pão-de-açúcar.

Minerais como o quartzo, feldspatos, micas, anfíbolos e piroxenas, quando expostos à atmosfera tornam-se instáveis. A água que penetra nos poros, clivagens e microfracturas desses minerais dissolve os seus constituintes. A reorganização destes constituintes em solução, com participação de água, oxigénio, dióxido de carbono e iões dissolvidos permite a formação de minerais argilosos e, consequentemente, de argilas que ficarão em equilíbrio nas condições atmosféricas (Meira, 2001).

A argila comum, que é a argila mais abundante na natureza, é utilizada no fabrico de produtos cerâmicos de menor valor comercial como o tijolo, telha ou olaria mais tradicional. Existem as argilas comuns destinadas à olaria tradicional e as argilas comuns destinadas ao tijolo/telha.

A argila para olaria é utilizada particularmente em cerâmica ornamental de terracota, é plástica e pode ser moldada facilmente no torno de oleiro. De cores variadas, na sua composição podem entrar quartzo, feldspatos, micas, óxidos e hidróxidos de ferro, pirite e carbonatos. Após queima proporciona corpos cerâmicos de cor variada, dependendo dos minerais presentes portadores de ferro, titânio e manganês. Na queima verifica-se uma região de vitrificação pouco ampla entre 1000-1100°C e uma fusão acentuada entre 1150-1330°C (Meira, 2001).

Já a argila para tijolo (furado e maciço), telha e pavimentos, é uma argila grosseira possuindo quantidades apreciáveis de silte e areia e cores variadas. O teor em fracção argilosa é baixo, mas suficiente para permitir o desenvolvimento da plasticidade necessária à moldagem dos corpos cerâmicos. A plasticidade cresce, obviamente, com a razão minerais argilosos/minerais não argilosos. Na sua composição, para além dos minerais argilosos, participam quartzo, micas, fragmentos de rocha, carbonatos em grão ou concreções, sulfatos, sulfuretos, óxidos e hidróxidos de ferro e matéria carbonácea (Meira, 2001).

As suas propriedades mecânicas são:

- Baixa resistência ao choque;
- Dureza e fragilidade em relação à tracção (~17 kgf/mm²);
- Resistência à compressão;
- Módulo de elasticidade alto: ~45.500 kgf/mm² (aço: ~20.000kgf/mm²);
- Dureza e alta resistência ao desgaste;
- Comportamento: frágil.

Em suma, a importância e diversidade de uso das argilas são consequência de características específicas destes materiais. De entre estas características destacam-se a granulometria muito fina, diversidade química e estrutural, grande e variada superfície específica, capacidade de troca iónica, dispersão fácil em água e outros solventes proporcionando a formação de suspensões, forte poder adsorvente e elevada

plasticidade. A maior parte dos depósitos ou jazigos têm dimensões apreciáveis e boa homogeneidade (Meira, 2001).

É a elevada gama de valores apresentados pelas argilas, que fazem com que existam inúmeras combinações possíveis para as suas diferentes propriedades e consequentemente múltiplas aplicações para este material natural. Assim, e citando Meira (2001), a Figura 2.1 mostra, de forma sintética, uma classificação para a maior parte das argilas utilizadas em cerâmica, com base na cor após queima em atmosfera oxidante. São tidas em consideração argilas diversas com aplicações nas três indústrias seguintes: cerâmica branca, cerâmica vermelha ou estrutural e refractários (Meira, 2001).

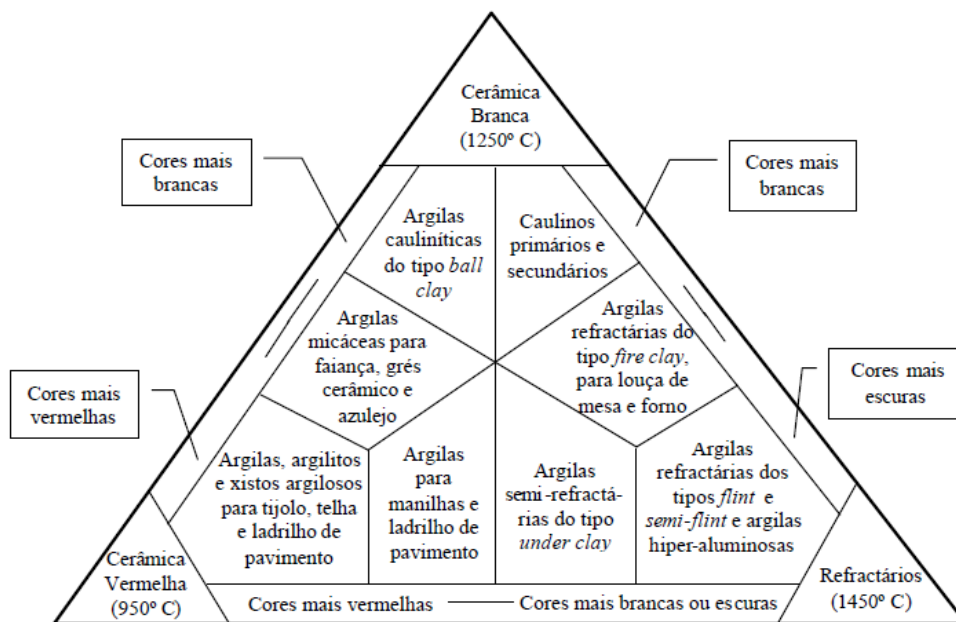


Figura 2.1 - Classificação das argilas para uso cerâmico com base na cor após a queima

Sobre a caracterização geral dos materiais cerâmicos actuais, englobando os tijolos e as telhas, poder-se-á dizer que têm:

- Nas suas propriedades físicas
 - densidade intermédia entre metais e polímeros;
 - ponto de fusão elevado;
 - elevada estabilidade química (corrosão baixa);
 - baixa condutibilidade térmica e eléctrica;
 - baixo coeficiente de dilatação;
 - baixa maleabilidade (não podem ser prensados em folhas);
 - baixa ductilidade (não podem ser estirados em fios);
 - baixa resistência mecânica (fragilidade elevada, tenacidade baixa);
 - granulometria muito fina ($<2 \mu$) e forma anisométrica (lamelar, tubular ou fibrosa).
- Nas suas propriedades químicas:
 - podem ser definidos como sólidos inorgânicos, constituídos por elementos metálicos e não-metálicos que são frequentemente óxidos, nitretos ou carbonetos;
 - apresentam uma ligação química predominantemente iónica e covalente;
 - as estruturas características dos cerâmicos são tridimensionais e relativamente compactas;

- os minerais naturais de aluminossilicatos apresentam uma estrutura em camadas ou em cadeias, nos quais o magnésio ou o ferro podem substituir total ou parcialmente o alumínio, com elementos alcalinos ou alcalino-terrosos;
- composição química variável (frequentemente com oxigénio, silício, alumínio, ferro, magnésio, potássio e sódio), tal como a natureza dos catiões inter-camadas e o teor em água (Gonçalves, 2004 e Geomuseu, IST).
- Nas suas propriedades mineralógicas, os principais grupos dos minerais argilosos são:
 - Caulinite;
 - Illite;
 - Montmorilonite (ou das esmectites);
 - Clorite;
 - Vermiculite;
 - Interestratificados;
 - Paligorskite e sepiolite (ou das hormites).

Como explicitado por Rocha, F. e Morgado, P. (2014), tentar-se-á um processo de “engenharia reversa” que passa pela obtenção de elementos cerâmicos em utilização (ou que pelo menos já estiveram e, portanto, já foi um produto final) e fazer o processo inverso de se determinar quais as suas componentes químicas e mineralógicas procurando assim saber quais as origens da matéria-prima bem como, por exemplo, até que temperatura foi cozida determinada amostra.

Este mesmo artigo promoveu já algum novo conhecimento técnico relacionado com as formas pão-de-açúcar já que, através de análises mineralógicas foi possível determinar diferenças composicionais entre as formas produzidas em Aveiro e na região de Lisboa. As análises mineralógicas apresentaram valores distintos entre as formas produzidas nas duas regiões. Aveiro apresentou valores superiores no que toca aos teores em óxido de ferro (essencialmente, hematite), em feldspatos bem como uma presença constante da dolomite que não se apresenta nas formas produzidas em Lisboa. Em sentido contrário, as formas produzidas em Lisboa apresentam teores de filossilicatos superiores. Uma outra característica detectada, e talvez a mais importante, foi a presença, em quantidades discretas, de mulite característica de fases de cozedura de alta temperatura. Esta diferença pode justificar-se por distinções nas tecnologias dos processos da produção das formas pão-de-açúcar, já que pela obtenção das características apresentadas anteriormente, Rocha, F. e Morgado, P (2014). apontam para que as formas produzidas em Aveiro tenham atingido temperaturas na sua fase de cozedura a rondar os 800 °C, o que vai ao encontro com a persistência da dolomite, comum nas argilas da região de Aveiro. Já o aparecimento da mulite, como referido anteriormente apenas ocasional, sugere que se possam ter atingido temperaturas ainda mais altas. Um último apontamento exposto pelos autores é a utilização, em Aveiro, de argilas mais caulínicas (ricas em óxidos de ferro), que favorecem a vitrificação a temperaturas mais baixas o que melhora a resistência mecânica do espólio cerâmico (Rocha, F. e Morgado, P., 2014).

Seguidamente apresentar-se-á o espólio cerâmico em análise na presente dissertação. Será o espólio mais utilizado em Portugal, particularmente na região de Aveiro e passará por três subcapítulos – tijolo, telha e formas pão-de-açúcar.

2.1.1 Tijolo

Poder-se-á considerar o tijolo como uma "pedra artificial" que se obtém através da argila ou barro, que amassado com água, moldado e cozido, adquire forma, dureza e resistência. Constitui um material de uso primordial na construção (para levantar paredes, muros e tabiques de alvenaria), que desde os tempos

mais remotos até à actualidade tem evoluído, originando por vezes algumas alterações nos materiais e técnicas tradicionais, no sentido de melhorar o rendimento e de reduzir ao mínimo as perdas de material e mão de obra (Pereira, 2005).

Em Portugal existem fundamentalmente dois tipos de tijolos:

1. Os refractários
2. Os correntes de barro vermelho

São classificados assim devido ao seu modo de fabrico e natureza do barro e as suas principais características são:

1. Tijolos Refractários:

Estes tijolos, cozidos a temperaturas entre 1600°C e 1800°C, são feitos com argilas refractárias sendo as mais refractárias as que têm vestígios de fundentes compostos por sílica alumina. Estas argilas têm a qualidade de resistirem a altas temperaturas sem se fundirem ou deformarem; esta qualidade surge devido à formação, pela cozedura, de diversos silicatos. Os tijolos costumam ser maciços, e podem ter várias dimensões, sendo as mais comuns: 23x11x7, 23x11x5, 23x11x4 e 23x11x3. Estas medidas são parecidas com as do tijolo maciço ordinário, variando apenas a espessura. Destinam-se à parte interna de fornos, fornalhas, mufulas, estufas, chaminés e lareiras, pois não se fundem ou amolecem quando expostos a altas temperaturas, sendo estas contínuas ou descontínuas, característica fundamental e necessária dos elementos que contactam directamente com as temperaturas de cozedura de outros elementos a mais baixas temperaturas. A par dos tijolos refractários, e para a sua aplicação em obra, deve-se utilizar uma argamassa refractária sendo que nunca se pode utilizar as "argamassas normais", pois estas não resistem a temperaturas tão altas para desempenharem a sua normal função. A espessura das juntas deve ser sempre entre os 12 mm e 15 mm, pois esta argamassa desempenha as funções de fixar e de amortecer os movimentos de contracção e de dilatação dos tijolos.

2. Tijolos correntes de barro vermelho

Este tipo de tijolo é designado por tijolo de barro vermelho devido à cor das argilas que o compõem. No seu fabrico usam-se argilas impuras, fusíveis, terracotas ou "chacotas", amassadas mecanicamente (actualmente), moldadas à fieira e cozidas em fornos para lhes dar dureza e resistência, donde saem com uma cor avermelhada. Para que os diferentes tipos de tijolos satisfaçam as necessidades humanas e técnicas, é preciso que as suas características sejam adequadas a essas exigências. O tijolo terá de ter determinados valores de resistência mecânica à compressão se tiver a função de ser utilizado num elemento estrutural, sendo que o valor dessa mesma resistência baixará consideravelmente se o tijolo for utilizado como material de preenchimento de um qualquer elemento em que tenha um outro qualquer material com funções estruturais. Assim, e segundo a norma EN 771-1:2011+A1:2015 (IPQ., 2015), os tijolos estão subdivididos em três classes de resistência à compressão e apresentam os seguintes valores mínimos exigíveis expostos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Classes de resistência mecânica à compressão segundo a EN 771-1:2011+A1:2015

Classe	Valor mínimo (MPa)	
	Tijolo Furado	Tijolo Maciço ou Perfurado
A	4,5	14
B	3	10
C	1,5	7

(Pereira, 2005)

Ainda sobre a caracterização do tijolo ordinário designadamente à sua forma, os tijolos podem ser:

- Maciços (ou tijolo burro) – têm um volume de argila cozida superior a 85% do seu volume aparente, e são tijolos muito resistentes mecanicamente à compressão tal como revela a Tabela 2.1. Os tijolos maciços de melhor qualidade de produção, os pertencentes à Classe A (segundo o RGEU), têm valores mínimos de 140 kgf/cm² ou 1.373 kN. São utilizados sobretudo em alvenarias que ficarão à vista, pois o seu lado estético é apelativo, sendo que nas décadas transactas eram utilizados sem se refletir muito sobre a parte estética que poderiam fornecer. O tijolo maciço é muito usado em Inglaterra e Países Baixos e escolhido pelo seu aspecto quente que envelhece bem com o decorrer do tempo sem grandes degradações nem perdas de cor. Este tipo de tijolo pode ser fabricado à mão ou mecanicamente tendo a sua medida *standard* de 22x11x7cm.
- Perfurados - com furos perpendiculares ao leito, a sua percentagem de área de furos não é nem inferior a 15% nem superior a 50% da área da face correspondente.
- Furados - são tijolos atravessados por dois ou mais canais/furos paralelos ao leito e no sentido da maior dimensão. A sua área de furos varia entre 30% e 75% da área da face correspondente.

Tabela 2.2 - Limites da percentagem de furação

Tipo de Tijolo	Percentagem de Furação
Tijolo Maciço	≤ 15%
Tijolo Perfurado (furação vertical)	15% a 50%
Tijolo Perfurado (furação horizontal)	30% a 75%

Os tijolos furados são os mais utilizados na construção actual já que a função resistente dos edifícios está entregue às estruturas metálicas, de betão armado ou mistas (estrutura metálica + betão armado) pelo que a sua principal função é de enchimento e de isolamento térmico.

As vantagens dos furos face ao tijolo maciço são as de se conseguir aumentar o volume e consequentemente acelerar o processo de construção bem como diminuir a massa por metro cúbico o que acaba por diminuir o peso próprio das estruturas. Face ao tijolo maciço, a capacidade isolante térmica do tijolo furado é superior, daí a sua importância na execução de paredes exteriores já que as suas perdas/ganhos de calor são menores. Apesar da sua mais fraca capacidade de isolamento acústico, já que uma menor massa traduz uma menor capacidade de isolamento acústico, usualmente é utilizado o tijolo furado nas paredes divisórias e exteriores. A sua resistência ao fogo também é um factor importante na construção mista e é por vezes utilizado no revestimento de estruturas metálicas que são bastante mais fracas do ponto de vista da resistência ao fogo. Já relacionado com a sua dilatação térmica, o seu pequeno comportamento dilatante/comprimente faz com que o elemento tenha uma maior durabilidade face a outros que dilatam e comprimam mais face à temperatura em que contactam. Os tijolos furados têm ainda uma outra vantagem que passa pela maior facilidade de lhe ser aplicado o reboco, já que a argamassa sente maior facilidade de aderência mecânica e este tipo de suporte que tem as típicas estrias exteriores que ajuda mecanicamente na aderência do reboco.

Os tijolos furados podem ter várias medidas e de acordo com a NP 834, que define os formatos e as tolerâncias dimensionais, as medidas mais usuais na comercialização actual são: 22 x 11 x 7cm, 30 x 20 x 7cm, 30 x 20 x 11 cm, 30 x 20 x 15 cm e os de 30 x 20 x 22 cm, ilustrados na Figura 2.2.






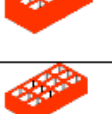

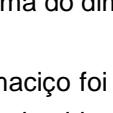
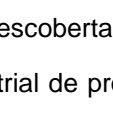
	Dimensão e formas (comp. x alt. x esp.) (cm)	Peso aprox. (kg)	Furação (%)	Resistência à compressão ⁽²⁾ (MPa)
Furação horizontal	 30 x 20 x 22 ⁽¹⁾	7-11	55-70	1.9-3.9
	 30 x 20 x 15 ⁽¹⁾	5-7	50-65	2.5-4.9
	 30 x 20 x 11 ⁽¹⁾	4-6	50-65	2.8-5.2
	 30 x 20 x 9	3.5-5.5	40-60	3.0-5.7
	 30 x 20 x 7 ⁽¹⁾	3-5	40-60	3.7-7.0
Furação vertical	 30 x 20 x 4	2-3	40-50	6.0-7.0
	 22 x 11 x 7 ⁽¹⁾	1.5-2.5	25-40	8.0-9.5
	 22 x 11 x 5	1.2-1.7	25-40	8.0-9.5
Sólido	 22 x 11 x 7 ⁽¹⁾	2.5-3.5	-	17.0-48.0

Figura 2.2 - Esquema do dimensionamento dos tijolos correntes mais recorrentes

(adaptado de Sousa, 2002)

Ainda assim o tijolo ordinário maciço foi utilizado durante largos anos em Portugal e o seu processo não deveria ser muito distinto do conhecido actualmente pelo que uma análise ao processo de fabricação do tijolo actual poderá ajudar na descoberta e comparação com o tijolo utilizado no passado.

Sobre o actual processo industrial de produção de cerâmicos de construção, este está subdividido em 5 fases e que são:

- Preparação da Matéria-Prima (pasta);
- Conformação;
- Secagem;
- Cozedura;
- Retirada do forno, escolha (controlo de qualidade) e paletização.

Relacionado com a matéria-prima utilizada na fabricação das cerâmicas pode-se afirmar que se trata inicialmente de uma pasta, que existe de vários tipos. A pasta é obtida a partir da argila como matéria-prima e existem vários tipos de constituintes que contribuem para a concretização da pasta e que são:

- Minerais que asseguram a plasticidade;
- “Agregados” – essencialmente quartzo;

- Fundentes – formam o vidro “feldspatos”.

Na conformação as técnicas mais correntes são função do tipo de pasta:

- Seca ou semi-seca – prensagem da pasta granulada;
- Plástica (à mão) – extrusão à fieira.

Já a secagem é o processo que visa exclusivamente a eliminação rápida da água, com o menor consumo de energia, que aconteça sem empenos e fissuras dos elementos e de forma a que a água remanescente não prejudique a cozedura. Pode-se adiantar ainda que a velocidade de secagem é influenciada pela geometria das peças e que esta pode ser efectuada por processo natural, ao tempo, ou artificial, por recurso a secadores. Deste modo pode-se dividir o processo de secagem em 3 fases:

- Eliminação da água de retracção;
- Eliminação da água de preenchimento dos poros (praticamente sem retracção);
- Eliminação da água adsorvida.

Na cozedura os elementos vão ser sujeitos a um aumento gradual de temperatura até à fusão química, com alteração da estrutura da argila. Este processo ocorre, na actualidade, em fornos túnel, em geral durante várias horas e os elementos passam pelas seguintes fases:

- Expulsão da água residual (150 a 200° C);
- Combustão da matéria orgânica (< 500° C);
- Fusão do quartzo (573° C);
- Decomposição dos carbonatos (900° C);
- Vitrificação (> 900° C);

Os últimos processos na fabricação de elementos cerâmicos é a qualidade da matéria-prima e do processo, sendo estes mesmos processos decisivos para a qualidade do produto. Em geral a cor é um indicador da origem da matéria-prima e da temperatura de cozedura. Os principais aspectos a controlar são:

- Controlo da matéria-prima (teor em areia, verificação do processo de dosagem);
- Controlo do fabrico – Laminação – controlo visual;
- Conformação – humidade à saída da fieira;
- Secagem – retracção verde/seco e teor em água residual;
- Cozedura – registo contínuo da temperatura de cozedura e sua duração;
- Controlo do produto final.

(Sousa, 2003)

Todos estes processos de fabricação só fazem sentido porque existem determinadas exigências a serem cumpridas. As mais importantes aplicáveis aos produtos cerâmicos e explanadas de seguida estão subdivididas em características geométricas, físicas, mecânicas e de recepção do produto – Tabela 2.3..

Tabela 2.3 - Exigências e características mais importantes aplicáveis a cerâmicos para alvenaria

Características	
Geométricas	Dimensões exteriores
	Geometria interna
	Percentagem de furação
	Tolerância das dimensões exteriores
Físicas	Aspecto e textura
	Massa volúmica da argila
	Absorção de água por capilaridade
	Absorção de água por imersão
	Eflorescências e sais solúveis
	Inclusões de cal viva
	Expansão com a humidade
	Resistência ao gelo
Mecânicas	Resistência à compressão
	Resistência à tracção por flexão
	Módulo de elasticidade
Recepção de produto	Identificação e data de fabrico
	Ensaio de recepção

2.1.2 Telha

Tal como o tijolo, a telha está conglomerada no conjunto de cerâmicos produzidos actualmente em grande escala em Portugal, sendo que existem telhas de outros tipos nomeadamente ardósia, coimo, ferro zincado, fibrocimento entre outros. Desde a época do domínio do império romano na Europa que já se utilizam materiais cerâmicos para tratar o revestimento superior dos edifícios, os telhados. O espólio cerâmico conhecido que era utilizado para esse efeito eram as tegulae e as imbrice (Fac. Arq. Lisboa, 2006).

Das telhas cerâmicas existem múltiplas designações para as diferentes telhas só dentro das do tipo cerâmico. As diferentes classificações devem-se essencialmente à sua designação e formato. Em Portugal telhas cerâmicas classificadas como:

- Telhas lusa – também designadas por telhas de aba e canudo, têm encaixe longitudinal e encaixe transversal, o que melhora a estanquidade da cobertura, quando os encaixes funcionam correctamente. A sua secção formada pela aba e pelo canudo, permite que o aspecto das coberturas seja similar ao das coberturas tradicionais de telhas de canudo.
- Telhas marselha – foram as primeiras telhas de encaixe a ser inventadas. O principal encaixe é o longitudinal, sendo o encaixe transversal, em geral, mais simples. Têm também as juntas longitudinais desencontradas.
- Telhas de canudo – são actualmente utilizadas em edifícios históricos. As telhas de canudo também são aplicadas no revestimento de coberturas onde se usam chapas onduladas com função de subtelhas.
- Telhas romanas – compreendem, à semelhança da cobertura do Império Romano, os canais, peças com secção de forma trapezoidal, e as cobertas, que podem ser rectangulares ou circulares. Actualmente são principalmente utilizadas em edifícios históricos.
- Telhas planas – permitem executar coberturas com aspecto similar ao das coberturas revestidas com soletos (ardósia). À semelhança da utilização tradicional dos soletos de ardósia, também é possível executar revestimentos de paredes com telhas planas, nomeadamente revestimentos de paredes independentes do suporte.

- As telhas mais comumente utilizadas em Portugal são as telhas do tipo lusa ou de aba e canudo, bem como aquelas que são produzidas em maior número no país (Cruz, 2010).
- Existem ainda bastantes acessórios que complementam e melhoram o funcionamento das telhas aplicadas em telhados. Exemplos disto são:
- Telhas de beiral – Nos telhados à portuguesa os beirais são constituídos por telhas vulgares e que em certas obras são pintados na sua parte inferior com tinta de óleo. Também se usa o beirado duplo, que é constituído por uma fiada inferior de telhas, assente no sentido inverso da fiada superior. Nos telhados de telha Marselha, o beiral pode ser feito com telhas de meia cana vulgares ou com uma especial para o efeito (capa e bica), de acordo com a fábrica que o produziu;
- Telhas passadeiras – Estas telhas têm as mesmas dimensões das telhas vulgares do mesmo tipo e a sua característica principal é a de ter uma espécie de plataforma um pouco elevada acima da sua altura normal, que serve para a passagem sobre elas.
- Telhas ventiladoras – Para a ventilação dos emadeiramentos nos telhados e sótãos empregam-se as telhas ventiladoras, cujos formatos são iguais às das telhas normais e casando assim convenientemente com as restantes. No centro têm uma espécie de elevação, como um degrau, aberto na sua frente com vários furos, por vezes em forma de florão, por onde passa o ar. Do lado interior, essa caixa é totalmente aberta. É bastante usual conjugar uma telha passadeira com uma ventiladora.
- Cumeeiras – Têm esta designação as telhas que cobrem o espigão do telhado. Nas coberturas ordinárias empregam-se em geral as telhas de meia-cana, sobrepostas umas nas outras como nas vertentes dos telhados. Podem também aplicar-se telhas mais compridas que o normal, designadas por telhões. Nos telhados à portuguesa as telhas das cumeeiras são acompanhadas nas ligações umas com as outras com argamassa. Nos telhados de telha Marselha, lusa, etc., usam-se telhas cumeeiras apropriadas que assentam umas nas outras com segurança. Uma das extremidades tem boca e a outra tem espera, de modo a que o seu ajustamento seja consequente.
- Telhas vidradas – Sob a designação de telhas vidradas entendem-se todas aquelas que receberam vidro colorido e sofreram segunda cozedura. Destinam-se a coberturas pitorescas e a edifícios mais ou menos estilizados.

Sobre a forma e processo de fabricação, as telhas têm processos bastantes semelhantes aos dos tijolos sendo que existem também fases da fabricação que são distintas entre eles (Figura 2.3). Na generalidade existem 5 processos no fabrico das telhas e que são:

- Preparação da Matéria-Prima (pasta);
- Conformação;
- Secagem;
- Cozedura;
- Retirada do forno, escolha (controlo de qualidade) e paletização

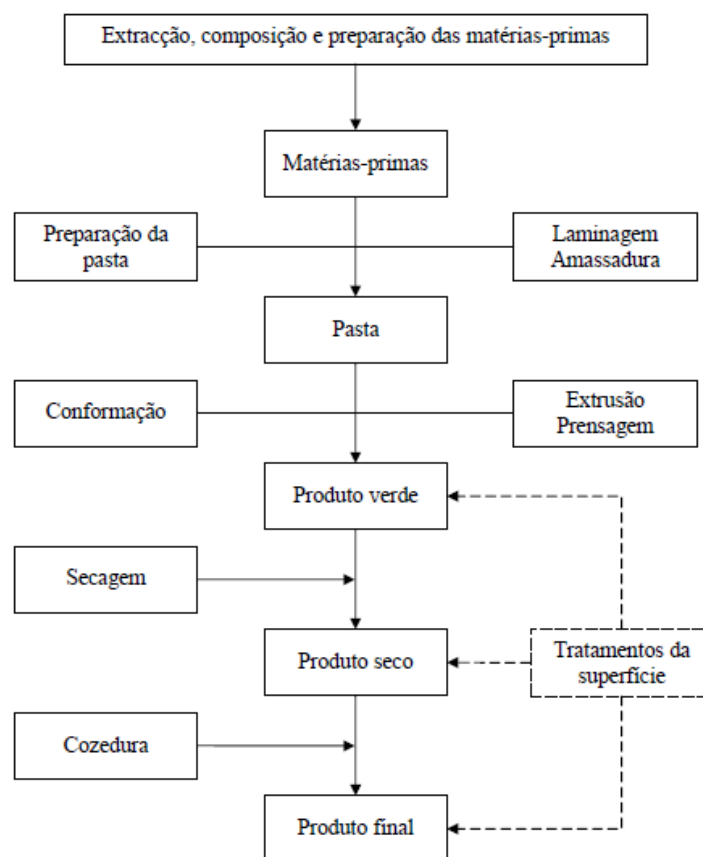


Figura 2.3 - Esquema genérico do processo de fabrico das telhas

(Cruz, 2010)

A distinção entre o processo de fabricação de tijolo e telha acontece essencialmente devido à prensagem, processo esse que decorre durante a conformação. Mas de um modo genérico pode-se afirmar que o processo é bastante semelhante o que é espectável já que como visto anteriormente, a sua composição mineralógica e química é a mesma pois a sua matéria-prima é também a mesma: a argila comum para tijolo/telha.

2.1.3 Forma pão-de-açúcar

Existem ainda a fabricação de inúmeras outras peças de cerâmica. Através da argila comum para a olaria, desde há muito tempo que se fabricam peças cerâmicas decorativas e ainda peças cerâmicas para a utilização no dia-a-dia em várias tarefas. Actualmente é raro encontrar peças com essa finalidade já que o plástico e metal vieram substituir esse mesmo espólio, ainda assim é possível ver essas peças em exposições. Em raras localizações de Portugal há ainda cerâmica não-decorativa, mas que também não são nem tijolos nem telhas. Em Aveiro, tal como no Barreiro (Lisboa) foram encontradas formas que foram intituladas pão-de-açúcar que se enquadram nesta mesma cerâmica.

As formas pão-de-açúcar são, do ponto de vista morfológico, uns recipientes cónicos de barro cozido que serviam para transporte de material resultante da cana do açúcar. Eram por isso preenchidos com uma pasta e tinham o seu vértice furado para que, por ação da gravidade, por aí se purgasse uma calda, resultando num material compacto com a forma do recipiente. Assim, depois dessa purga, que geralmente ocorria durante o transporte marítimo, no recipiente ficava um bloco de açúcar cristalizado. Os blocos de açúcar cristalizado eram então removidos das formas, sendo-lhes atribuído o nome de pães-de-açúcar e

comercializados. O nome atribuído às formas cerâmicas vai ao encontro do seu propósito, sendo assim conhecidas como formas pão-de-açúcar (Nobre, 2017).

As formas pão-de-açúcar foram inicialmente produzidas, ao que tudo indica, no início do século XV em Itália. Foram dadas a conhecer ao povo espanhol e em meados do mesmo século já eram faladas e relatadas também na ilha da Madeira (Nunes, 2006).

Existe ainda documentação que comprova que na segunda metade do século XVI Aveiro já fornecia engenhos de açúcar para as Canárias pelo que a implementação no mercado acontecera antes. Foram ainda descobertos nas escavações arqueológicas realizados no que fora outrora as cozinhas do Convento de Jesus de Aveiro fragmentos cerâmicos pertencentes a antigas formas pão-de-açúcar, em estratigrafia arqueológica datada do século XVI. Nessas mesmas escavações foram identificados muros de fundação anteriores à fundação do convento com rochas basálticas. Esses mesmo muros terão sido elaborados em meados do século XV, pelo que as trocas comerciais entre Aveiro e a ilha da Madeira tiveram que acontecer por essa mesma datação. Pode-se então afirmar que em meados do século XV já se transportavam formas pão-de-açúcar para a ilha da Madeira e que, portanto, era produzida essa mesma cerâmica do açúcar em Aveiro pelo menos a partir de meados do século XV (Morgado, 2009).

Eram então produzidas em Aveiro dada a boa qualidade da produção na região e foram exportadas em grande escala para o Brasil. A independência do Brasil em 1822 fez com que a quebra na exportação fosse tremenda já que as formas só não eram produzidas no próprio país porque, como eram uma colônia portuguesa, esta era mais uma forma de Portugal conseguir dinheiro vindo do outro lado do Atlântico.

Segundo Paulo Morgado, engenheiro geólogo com trabalho desenvolvido na área das arqueociências, reabilitação e conservação de elementos e edifícios históricos, ainda não passados 10 anos da independência do Brasil já existiria um elevado stock destes mesmo elementos cerâmicos em Aveiro. Até à data, não muito precisa, apenas as formas de refugo eram utilizadas na construção, o que acontece na Casa do Seixal, pois algumas formas têm formas não regulares na “boca” o que não era comercializado, já que Aveiro apenas comercializava formas de muito boa qualidade e sem defeitos.

Esta repentina situação fez com que se aplicassem formas pão-de-açúcar em paredes de fachadas e que passados várias dezenas de anos foram descobertas, muito por culpa da deterioração das paredes, mais concretamente da camada de reboco que revestia as mesmas e que ao cair deixou expostas as formas como mostra a Figura 2.4. parede esta pertence à Casa do Seixal e que apresenta cacos cerâmicos de formas e bastante formas pão-de-açúcar dispostas desencontradas na horizontal devido à sua forma cónica. Um pormenor desta parede é que todas as formas aqui colocadas apresentam algum tipo de defeito desenvolvido durante a cozedura: ou deformações, ou fracturas ou ainda não apresentam o orifício na sua base para a purga do açúcar. Segundo Morgado, tratar-se-ão de peças de refugo que foram rejeitadas a serem comercializadas (Morgado, P. et al., 2012).

Sabendo agora da existência desta cerâmica em Aveiro bem como do reaproveitamento de telhas e a normal utilização do tijolo cerâmico na construção tradicional e antiga na região, procurar-se-á agora explicitar os locais visitados na procura destes mesmos espólios cerâmicos visando futuros ensaios com vista à comparação de resultados entre os vários espólios cerâmicos encontrados.



Figura 2.4 - Formas pão-de-açúcar reaproveitadas em parede de alvenaria

2.2 Produção de cerâmica na região de Aveiro

Actualmente sabe-se que Aveiro foi e é uma região de produção de vários tipos de cerâmica, nomeadamente telhas, tijolos, azulejos e de formas “pão-de-açúcar” sendo que estas já não se produzem desde há alguns séculos tendo uma duração de produção relativamente pequena.

Nos dias que correm a acessibilidade a transportes está facilitada a todos os níveis, às inúmeras empresas de transportes existentes tanto terrestres, como marítimos ou aéreos, juntam-se as mais que nunca boas infraestruturas; mas nem sempre assim foi. Esta foi durante séculos uma das maiores dificuldades da humanidade e era transversal a várias sociedades pelo que genericamente as produções dos diversos produtos eram geralmente realizadas próximas das respectivas matérias-primas. Todas as produções enumeradas anteriormente estão comumente ligadas à sua matéria-prima: a argila.

“O substrato da bacia sedimentar de Aveiro é essencialmente formado por xistos e micaxistos”, é assim que Benta (Benta, 2007) define a região de Aveiro. Sendo que ambas as rochas são metamórficas e são provenientes de rochas argilosas então a região de Aveiro é, fundamentalmente, uma região rica em argilas.

A junção da riqueza argilosa da região com a mão-de-obra que se foi qualificando ao longo dos anos fez então de Aveiro uma região especialista na produção de vários produtos cerâmicos.

A melhor forma de autenticar tal pressuposto é pela observação da constituição dos elementos construtivos da região de Aveiro. Uma análise cuidada a esses elementos – os mais antigos possível – permite aferir quais as matérias-primas utilizadas para se realizar esses mesmos elementos construtivos. Essas mesmas matérias-primas certificam quais as qualidades do solo da região, uma vez que os antepassados não tinham meios para recorrer a materiais de outras regiões já que o seu transporte era bastante difícil;

portanto, a génese da riqueza geomorfológica de Aveiro está latente nas construções mais antigas desta mesma região.

A primeira e irrefutável prova de que a região de Aveiro sempre esteve ligada à produção cerâmica é o antigo forno, de cozedura de peças cerâmicas, encontrado na vila de Eixo em 1985 e estudado arqueologicamente por Carlos Almeida (Almeida et al., 1987). Segundo o autor “o forno do Eixo fabricava, ao que parece, telha, telha, tijolos e sectores circulares para colunas,” ou seja, produtos destinados à construção civil. O aparecimento de “algumas telhas... empilhadas a alguns metros do forno, no local onde certamente secavam os produtos antes da cozedura” atestam que o local era destinado à produção cerâmica. Essas mesmas telhas, apesar de serem uma amostra pequena, são todas dotadas do mesmo tipo de perfil característicos da produção que se realizava durante os séculos VI-VII coincidente com o período tardo-romano/visigótico (Almeida, C.; Fernandes, F., 2001). Há ainda o aparecimento de um segundo forno cerâmico nas proximidades deste e que, segundo o arqueólogo Carlos Almeida foi o francês João Drouet a construí-lo para o fabrico de tijolo refratário (Almeida et al., 1987), sem que o autor apresente uma previsão de data de construção.

Surge um intervalo temporal em que não existem relatos, documentos ou achados que comprovem a produção cerâmica em Aveiro. É então que aparecem registos escritos que confirmam a produção cerâmica mais de sete séculos depois. A 26 de Maio de 1431, “numa relação de propriedades do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra, indicam-se as que ele possuía em Aveiro, Aradas, Sá, Verdemilho, Requeixo, Esgueira, Eixo, etc.,” (Cristo, A.; Gaspar, J., 1986) é mencionada a “fonte da arada dos oleiros” e a imposição feita a estes artesãos de “em cada domingo se cozerem três panelas” (Livro Nobre de Santa Cruz de Coimbra, 1431). Tal comprova a produção cerâmica na região de Aveiro. Num texto da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro [W2] é referido que existe também uma escritura feita em dezembro de 1487 pela priora do Convento de Jesus a Jorge Afonso, que faz alusão à produção cerâmica.

É provável que existam registos entre o século III e o século XV que atestam a região aveirense como centro produtor de peças cerâmicas. Esses registos, se existirem, fariam de Aveiro um centro de produção contínuo desde os primórdios até aos dias de hoje, contudo pode-se afirmar que a atividade cerâmica teve um grande desenvolvimento na primeira metade do século XV (M. A. Vieira, 2014). O grande desenvolvimento da região de Aveiro como centro produtor de peças cerâmicas fez com que o abastecimento e necessidades locais fossem asseguradas nesse aspeto por essa mesma produção local, mas não só para o mercado local era realizada a produção. Com o passar do tempo, as excelentes qualidades da cerâmica aveirense começaram a ser reconhecidas e então a comercialização também se passou a fazer fora da região. Em contrapartida, a região nunca foi rica a pedra, fundamental à construção de edifícios nos séculos anteriores à utilização do betão. Aveiro desenvolveu então as características paredes de adobe, com base em areias locais misturadas com cal aérea como alternativa à não utilização da pedra. Como a produção cerâmica de Aveiro era reconhecida por ser de alta qualidade, os produtores aveirenses tinham em consideração essa mesma característica e não comercializavam o espólio menos conseguido em produção. Talvez por essa razão se encontre por vezes em paredes de fachada algumas partes de espólio cerâmico utilizados como preenchimentos dessas mesmas paredes.

Investigando os elementos construtivos que existem um pouco por toda a região de Aveiro foi possível encontrar uma vasta panóplia de diferentes soluções construtivas, essencialmente ao nível de paredes de fachadas. Das fachadas que se puderam investigar e que suscitaram um maior interesse de estudo, encontraram-se soluções à base de blocos de rocha basáltica, alvenarias de adobe e alvenarias com formas pão-de-açúcar. Estas últimas eram preenchidas no seu interior com uma argamassa mista de terra e cal aérea e serviam assim como material de preenchimento das paredes. Cumulativamente à descoberta deste tipo de material cerâmico em fachadas de edifícios antigos, encontraram-se também formas pão-de-

açúcar submersas na ria de Aveiro o que levou a crer que a cidade foi um centro produtor deste tipo de produto cerâmico (Morgado, 2009).

O aparecimento em muitos edifícios antigos de Aveiro de rochas basálticas desencadeou o interesse em descobrir a sua origem já que eram utilizadas como material de construção, apesar de não serem oriundas da região. Concluiu-se que estas rochas magmáticas são, provavelmente, provenientes da ilha da Madeira já que as rochas basálticas das ribeiras e das praias desta ilha eram blocos basálticos semelhantes aos encontrados em Aveiro. Mas porque viriam blocos basálticos de tão longe (Madeira) para Aveiro? E em tão grande quantidade?

Segundo Morgado (Morgado, 2009), a vinda de material basáltico para Aveiro deveu-se a trocas comerciais entre esta região e a ilha da Madeira pois os lastros dos navios necessitavam de ir sempre carregados para uma navegação mais segura. Então se eram transportados blocos basálticos da ilha da Madeira para Aveiro, o que era transportado de Aveiro para a Madeira? A resposta a esta questão foi encontrada em documentação antiga que relata a exportação de formas pão-de-açúcar de Aveiro para vários locais onde, se sabe hoje, foram regiões de produção de açúcar como as ilhas da Madeira, Cabo Verde e Canárias e ainda uma grande parte para o Brasil.

Em muitos dos séculos passados, o registo de informação relativo a muitas situações e atividades não se realizou, talvez pelos antepassados não acharem que valia a pena muito mais tarde haver registo dessas mesmas atividades, pelo que é difícil ter acesso a conhecimentos e dados históricos. Ainda assim, através de um estudo mais exaustivo e atento, por vezes, é possível obter parte ou a totalidade de informações que se pretende tomar conhecimento. Não fazendo exceção ao estudo da produção cerâmica em Aveiro chegou-se à conclusão que através da toponímia da região, a mesma teve que ter olarias ou ligações a estas pelo menos desde a altura em que o “Bairro das Olarias”, a “Travessa das Olarias” ou as “Barreiras” foram nomeados com estes mesmos nomes (Amorim, 1995). Amorim revela que até em procissões importantes na cidade de Aveiro eram expostas peças cerâmicas domésticas como pratos, tijelas e painéis, faziam também peças decorativas como mealheiros, peças pintadas e ainda potes de almude, alguidares entre outras. Havia ainda quem se debruçasse sobre a produção cerâmica de peças de presépios (Amorim, 1995). Segundo o mesmo autor a natureza dos solos permitiam a realização de várias atividades relacionadas com o próprio solo, designadamente no fabrico de telha e tijolos. Em 1772, segundo a documentação (Vieira, 1984) era conhecida a tradição do fabrico dessa mesma cerâmica – telha e tijolo – em Eixo. Pela mesma data em Oiã, Mamarrosa, Oliveira do Bairro e Sosa acumulam-se unidades de exploração de cal e barro e ainda de fabricação de telhas e adobes. Em Sosa há ainda o transporte marítimo até à Ria de Aveiro – via rio Boco – de cal e barro para olarias situadas em Ovar e no Porto (Oliveira, 1990). O mesmo autor (Amorim, 1995) refere que em Aradas havia a tradicional fabricação de louça preta de barro, perdurando essa mesma fabricação até meados do século XIX. Simultaneamente em Vagos haviam algumas oficinas de olaria que funcionavam essencialmente como forma de subsistência de algumas famílias.

A maior facilidade de transporte – via marítima – e a boa qualidade e abundante matéria-prima fez com que a produção se distribuisse para várias localizações tendo a cidade do Porto como destino mais frequente (Amorim, 1995), de tal forma que em 1761 realizou-se uma «escritura de sociedade de contrato» repartindo assim as quotas de distribuição da louça produzida para esta cidade de forma igual por alguns dos produtores aveirenses (ADA - SN, 1761). Havia ainda distribuição para Lisboa e pontualmente para o Brasil (Amorim, 1995).

Durante o final do século XVII e primeira metade do século seguinte, Aveiro era ainda um centro de recepção e distribuição de produtos cerâmicos provenientes de outros locais, nomeadamente da produção

de Castela, da Beira e de Coimbra (Neves, 1971) o que facilitou a inclusão da indústria local em circuitos comerciais distantes de forma mais rápida.

Ainda na década de 70 do século XVIII sob alterações do foro político surgem várias medidas que fortalecem e diversificam as atividades de Aveiro, elevada recentemente a cidade, nomeadamente a pesca, indústria e comércio. Todas estas atividades dinamizaram o porto comercial que consequentemente melhorou a navegabilidade bem como o acesso a barcos de maior porte. Estas boas consequências fizeram aumentar o escoamento dos produtos agrícolas e salícolas da região bem como promoveram a instalação de indústrias em Aveiro, algumas delas de produtos cerâmicos. Segundo Amorim (Amorim, 1995), existiram alguns fatores que justificaram a implementação de Fábricas na região: a tentativa de recuperação de um passado próspero, uma ocupação profissional equilibrada do povo da região, baixos custos de transportes e ainda o baixo custo da mão-de-obra e das matérias-primas. A conjugação de todos estes fatores fez com que em Aveiro se fundasse em 1774 a Fábrica de Louça Fina do Cojo. No entanto, segundo Inês Amorim a data de fundação poderá ser ainda anterior a este registo uma vez que “é bem provável que se tratasse de uma evolução e aperfeiçoamento de uma mais antiga”.

Em 1788, passado pouco mais do que uma década, a Coroa mandou realizar um inquérito e é aqui que é mencionada pela primeira vez uma fábrica de louça fina. Esta compilação intitulou-se de *Relação de Fábricas* e foi a primeira a ser realizada até então (Sarrico, 2009).

Já em Braga (1995) vem, dito pelo governador civil em meados de 1840: «Há nesta cidade uma única fábrica de louça muito ordinária, a qual posto que tenha o consumo suficiente para se conservar no seu pé actual, não pode contudo prosperar, por haver muito melhor louça na Fábrica da Vista Alegre, muito próxima desta Cidade, e mesmo porque a que naquela se fabrica é inferior em qualidade à das Fábricas do Porto de que muito se consome neste Distrito», referindo-se a esta mesma Fábrica de Louça Fina do Cojo. Que perduraria até 1907, data do seu encerramento (Rodrigues, 1996).

Segundo um relatório de 1897 da autoria de Francisco Ressano Garcia, que referia Aveiro como o segundo distrito em número de fábricas de produção cerâmica: dezassete unidades menores com um efectivo de 545 pessoas, a par das grandes unidades da área, as fábricas da Vista Alegre e a da Fonte Nova. Os autores do texto da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro [W2] defendem que com o desenvolvimento da industrialização em Aveiro, o aparecimento das unidades fabris fez com que se “estrangulasse” a produção cerâmica artesanal.

Paralelamente, em 1893, foi criada em Aveiro à responsabilidade de Silva Rocha a Escola de Desenho Industrial, o que despontou a fundação em flecha das várias fábricas [W2], pois em 1923, segundo Rodrigues (1996), “o concelho de Aveiro contava já com nove fábricas deste sector, quatro de cerâmica de construção e cinco de louça utilitária, decorativa e azulejos.” Tal facto comprova que num espaço temporal de pouco mais de 20 anos – segundo autores diferentes – Aveiro passou a contar com mais 7 unidades fabris de dimensões consideráveis em vez do então tradicional fabrico artesanal.

Construiu-se então em janeiro de 1824, pela mão de José Ferreira Pinto Basto, um forno na Quinta da Vista Alegre que mais tarde deu origem a uma das mais simbólicas fábricas de porcelanas da região, a Fábrica da Vista Alegre (Sarrico, 2009). Passadas quase 6 décadas surge na cidade de Aveiro a Fábrica de Louça Fina da Fonte Nova em 1882 que produziu louça e azulejos até à data do seu encerramento em 1930. Decorridos 7 anos um violento incêndio consumiu por completo as instalações da fábrica (Rodrigues, 1996).

Ainda sobre fábricas de produção azulejar surge, em fevereiro de 1905, a fábrica de Louça dos Santo Mártires, sociedade de “João de Pinho Neves Aleluia e outros” situada no largo com o mesmo nome à data, o agora largo do Conselheiro Queirós (Rodrigues, 1996). Um ano depois, a sociedade desfez-se e João

Aleluia manteve a gestão da fábrica até que, em 1917 lhe muda o nome intitulando-a com Fábrica Aleluia que perdura até aos dias de hoje.

A Jerónimo Pereira Campos & Filhos foi a primeira grande fábrica de cerâmica de construção a ser implantada na região de Aveiro em 1886. Fundada pelo próprio Jerónimo Pereira Campos que contava, na altura, com já 68 anos de idade e que via no futuro da gestão da fábrica passar para pelas mãos dos dois filhos mais novos – Henrique e João. A ideia de fundar uma cerâmica de construção em Aveiro surgiu das visitas regular que Jerónimo Pereira Campos fazia à Fábrica de Cerâmica e de Fundação das Devesas para levar barro de Aveiro e que o levou a querer fundar uma fábrica semelhante nesta região pois o seu contacto quer com a matéria-prima quer com uma indústria cerâmica o levaram a envergar por esse ramo e criar assim a primeira fábrica de cerâmica de construção em Aveiro, edifício onde agora se situa o Centro Cultural e de Congressos (CCCA). “A fábrica ficava junto a excelentes barreiros, que exploraria durante décadas, próximo da estação do caminho de ferro. Era servida pelo canal do Cojo e ficava à entrada da cidade de Aveiro”, é assim que Rodrigues (1996) enquadra a fábrica no contexto geográfico, (Figura 2.5) avançando também que o alvará da fábrica se destinava à produção de tijolo e telha concebido a 4 de outubro de 1897 (AHMA).



Figura 2.5 - Fábrica de cerâmica de Jerónimo Pereira Campos & Filhos

Posteriormente e ainda durante o funcionamento da Jerónimo Pereira Campos & Filhos, é fundada a Empresa Cerâmica da Fonte Nova em 1903 “que explorava barreiros contíguos, fabricava os mesmos produtos, utilizava os mesmos caminhos, disputava os seus clientes e aliciava os trabalhadores mais qualificados” (Rodrigues, 1996), criando assim concorrência directa à primeira fábrica de cerâmica de construção em Aveiro e que até 1903 tinha exclusividade de produção desta mesma cerâmica, a Jerónimo Pereira Campos & Filhos. Passado um ano é fundada, em Oliveira do Bairro, a Fábrica de Cerâmica de Oliveira do Bairro, cujos fundadores foram os irmãos Abílio, António e José Oliveira Rocha (Oliveira, 1990). Em 1908 a Empresa Cerâmica da Fonte Nova declara falência, à data causou alguma inquietude já que tinha um bom volume de vendas, isto após e somente 6 anos da laboração. A implementação de fábricas de cerâmica em Aveiro, tanto de cerâmica de construção como a de revestimentos, teve um crescimento natural já que Aveiro tinha grandes condições para que as mesmas se desenvolvessem.

Tabela 2.4 - Primeiras unidades fabris de produção de cerâmica decorativa/azulejar na cidade de Aveiro
(adaptado de Rodrigues, 1996)

Fabricante	Data	
	Fundação	Encerramento
Fábrica de Loíça Fina do Cojo	1774	1907
Fábrica de Loíça Fonte Nova	1882	1937
Fábrica de Loíça dos Santos Mártires/Fábrica Aleluia	1905	1917
Empresa de Loíças e Azulejos (ELA)	1919	1930
Fábrica de Faianças São Roque	1928	1931
Empresa Olarias Aveirense, Ltda.	1922	1942
Vitória & Irmão, Ltda.	1922	1930

Sintetizando e adaptando Rodrigues (1996) conseguiu-se listar as primeiras unidades fabris implementadas na cidade de Aveiro, quer de cerâmica de revestimentos e decorativa (Tabela 2.4) quer de cerâmica de construção (Tabela 2.5) bem como as primeiras unidades fabris do género, mas não na cidade de Aveiro mas sim no distrito (Tabela 2.6 e Tabela 2.7).

Tabela 2.5 - Primeiras unidades fabris de produção de cerâmica de construção na cidade de Aveiro
(adaptado de Rodrigues, 1996)

Fabricante	Data		Freguesia
	Fundação	Encerramento	
Jerónimo Campos Pereira & Filhos	1896	1923	Glória, Aveiro
Empresa Cerâmica da Fonte Nova	1903	1908	Glória, Aveiro
Cerâmica Aveirense	1914	1927	Glória, Aveiro
Duarte Tavares Lebre & Companhia	1913	1978	Glória, Aveiro
Empresa Cerâmica Vouga, Ltda.	1920	1930	Aradas, Aveiro

Tabela 2.6 - Primeiras unidades fabris de produção de cerâmica de construção no distrito de Aveiro
(adaptado de Rodrigues, 1996)

Fábrica	Data	Concelhos
Guerra & Cruz, Ltda.	1916	Águeda
Empresa Cerâmica Fojo, Ltda.	1918	Albergaria-a-Velha
Arcanjo de Figueiredo	1922	Águeda
António de Sousa Carneiro	1923	Águeda
Simões & Antunes, Ltda.	1924	Águeda

Tabela 2.7 - Primeiras unidades fabris de produção de cerâmica decorativa/azulejar no distrito de Aveiro
(adaptado de Rodrigues, 1996)

Fábrica	Data	Concelhos
Abílio Rocha & Irmãos	1904	Oliveira do Bairro
Companhia Ind. E Com. Vaguense	1913	Vagos
Cerâmica Progredior	1913	Águeda
Fernando Ribeiro Guerra	1913	Águeda

Actualmente existem bastantes fábricas de cerâmica decorativa e de construção na região de Aveiro não só pela boa localização para extracção da matéria-prima como também pelo passado histórico destas indústrias e colaboradores na região que foram fornecendo assim *know-how* à população local e que agora desenvolvem as tecnologias de produção de mãos dadas com softwares e tecnologias computacionais actuais. Assim existem algumas fábricas de cerâmica de construção no activo no distrito de Aveiro e que seguem listadas na Tabela 2.8 bem como de cerâmica decorativa e azulejar expostas na Tabela 2.9. Fácil e perceptível é a discrepância entre o número de fábricas que produz cerâmica de construção e a de produção de cerâmica decorativa e azulejar. Este facto dever-se-á ao facto de a produção em série ser muito mais fácil e menos pormenorizada na fabricação de elementos cerâmicos com fins construtivos. Deste modo existem actualmente no distrito de Aveiro 7 fábricas que produzem cerâmica de construção e 22 fábricas que se dedicam à produção de cerâmica decorativa e azulejar.

Tabela 2.8 - Empresas de cerâmica de construção em actividade no distrito de Aveiro

(Adaptado de: <http://www.ceramica.pt>. e <https://www.gescontact.pt>)

Fabricante	Localização	Data de Fundação
Celticerâmica – Indústria Cerâmica Portuguesa, S.A.	Barrô	1971
Cerâmica Castros, S.A.	Águada de Cima	1956
Cerâmica de Quintãs, Ltda.	Oliveirinha	1913
Cetipal – Cerâmica de Tijolos e pavimentos, S.A.	Águada de Baixo	1977
Construcer – Cerâmica de Construção, S.A.	Avelãs de Caminho	-
Inacer – Indústria Nacional de Cerâmica, Ltda.	Aguada de Cima	1991
Tijolágueda – Cerâmica de Águeda, Ltda.	Águeda	2001

Tabela 2.9 - Empresas de cerâmica decorativa/azulejar em actividade no distrito de Aveiro

(Adaptado de Vieira, 2014)

Fabricante	Localização	Data de Fundação
Aleluia, S.A..	Esgueira	1917
Atelier Cerâmico Carlos Vinha	Aveiro	-
Ceragni, Ltda.	Mealhada	-
Cerâmica Fonte Nova, Ltda.	Oiã – Oliveira do Bairro	-
Cerdomus Indústrias Cerâmicas, S.A.	Avelãs de Caminha	-
Cerev, S.A.	Mealhada	-
Cinca Comp. Ind. de Cerâmica, S.A.	Santa Maria da Feira	-
Azulejaria Don Duarte	Anadia	-
Fiazul, S.A.	Oiã – Oliveira do Bairro	-
Gresart – Cerâmica Industrial, S.A.	Anadia	-
Grés Panaria Portugal, S.A.	Esgueira	-
Goldcer Ind. Cerâmica, S.A.	Arcos - Anadia	-
Kerion Ind. de Cerâmica Técnica, Ltda.	N. Sª de Fátima-Aveiro	-
Love Tiles	Esgueira	1990
Margres	S. Salvador - Ílhavo	1982
Manufacturas de Cimento Macel, Ltda.	Águeda	-
Pavigrés Cerâmicas, S.A.	Anadia	-
Primus Vitória, S.A.	Aradas	1969
Recer - Indústria de Revestimentos cerâmicos, S.A.	Oliveira do Bairro	-
Labicer – Lab. Industrial Cerâmico, S.A.	Oliveira do Bairro	-
Revigrés – Indústria de Revestimentos Grés, Ltda.	Barrô - Águeda	-
Topcer Indústria Cerâmica, Ltda.	Oiã – Oliveira do Bairro	-

3. Observação e recolha de amostras

3.1 Inspeções in-situ

As várias inspeções decorreram ao longo de vários dias e em localizações bem distintas na cidade de Aveiro. Algumas próximas de outras, outras bem mais distantes como ilustra a Figura 3.1, mas todas elas com o objectivo de recolher o maior e melhor espólio que conseguisse identificar a construção regional.

Realizaram então visitas a oito locais distintos. Em todas elas se conseguiram obter amostras cerâmicas que mais tarde foram ou ensaiadas e/ou guardadas para futuros trabalhos que se desenvolverão no âmbito do projecto *DB-Heritage*.

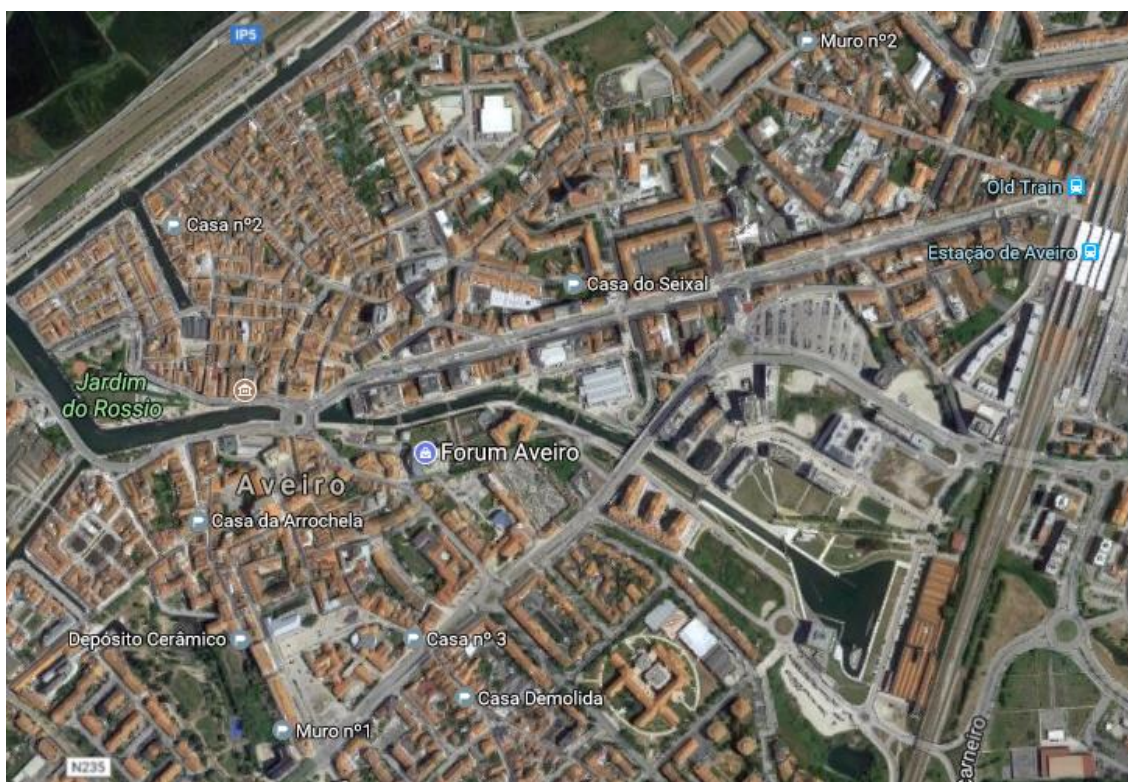


Figura 3.1 - Localizações dos pontos de inspecção na cidade de Aveiro
(retirado de GoogleMaps: <https://www.google.pt/maps>)

Por forma a uniformizar a nomenclatura e facilitar a leitura e análise, a tabela seguinte (Tabela 3.1), expõe os nomes dados pelo autor aos diferentes locais visitados e de onde se retiraram algum tipo de amostra. O primeiro local visitado, a Casa do Seixal, tinha exactamente esse mesmo nome e passar-se-á a designar de Casa nº 1, por ter sido o primeiro local a ser observado e de onde se recolheram as primeiras amostras. O segundo local, não tinha nenhum nome característico daí se ter colocado o nome de Casa nº 2. Visitou-se depois uma outra casa característica de Aveiro, a Casa nº 3, que neste documento é referido como Casa nº 5. Uma visita a uma Casa nº 4 deu-lhe o nome de Casa nº 4. Uma casa que não tinha também nenhum nome característico associado, inicialmente chamada de Casa nº 5, pois todas as outras tinham já um nome associado, passou depois de organizada a tabela seguinte de Casa nº 5. Visitou-se depois um muro com amostras, intitulado como Muro nº 1, um depósito cerâmico, intitulado como Depósito Cerâmico e por último um segundo muro, que se associou ao nome Muro nº 2.

Tabela 3.1 - Locais visitados e nomenclaturas utilizadas

Local visitado/Sigla	Localização das Amostras	
	Latitude	Longitude
Casa do Seixal/Casa nº 1	40°38'34.8"N	8°38'56.8"W
Casa nº 2	40°38'37.6"N	8°39'20.4"W
Casa nº 3	40°38'24.1"N	8°39'19.0"W
Casa nº 4	40°38'37.6"N	8°39'20.4"W
Casa nº 5	40°38'18.8"N	8°39'06.3"W
Muro nº 1	40°38'14.8"N	8°39'14.0"W
Depósito Cerâmico	40°38'18.7"N	8°39'16.5"W
Muro nº 2	40°38'45.8"N	8°38'42.9"W

Seguem-se então expostas as inspeções realizadas pela ordem cronológica em que aconteceram.

3.1.1 Casa nº 1

A Casa do Seixal (Figura 3.2), assim conhecida, situa-se no centro da cidade de Aveiro, numa rua paralela à Avenida Lourenço Peixinho (Figura 3.3) e tem na sua constituição uma parede pão-de-açúcar.



Figura 3.2 - Fachada da Casa nº 1
(retirado de <https://www.google.pt/maps>)

Essa parede localiza-se encostada ao tardo de um muro a Este, adjacente à Casa nº 1. Tal como a habitação, a parede está à responsabilidade da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro e, portanto, foi necessária uma autorização prévia para a visita ao local. A visita à parede pão-de-açúcar que decorreu no dia 11 de julho de 2017 serviu essencialmente para uma recolha visual de dados bem como para medições dos diferentes constituintes da parede.



Figura 3.3 - Localização da Casa nº 1
(retirado de <https://www.google.pt/maps>)

Visualmente, percebeu-se que sobre a parede em causa, está assente uma parede constituída por adobes e argamassa tradicional perfazendo assim a altura total da parede. Cerca de dois metros da parede, que já foi fachada orientada à Rua Guilherme Gomes Fernandes, são constituídos pela parede com formas pão-de-açúcar e cacos cerâmicos e a restante altura, variando entre 0,60 e 0,70 metros, com a parede de adobes como explicitado na Figura 3.4.



Figura 3.4 - Composição da parede (cerâmica e adobes)

É essencial reconhecer que caso o reboco nunca tivesse empolado, ou pelo menos não empolasse os cerca de 3 a 4 centímetros que empolou em algumas zonas (Figura 3.5 (a)), toda esta análise não aconteceria, uma vez que a não visibilidade das formas garantia que não se descobrisse que de facto estariam na constituição da parede, como é possível observar-se na Figura 3.5 (b). Assim, se o reboco nunca tivesse empolado em tantos locais, não só poder-se-ia não conhecer este espólio cerâmico, como nunca se teria percebido que a parede é constituída por dois tipos de construção, que até poderão ser de épocas distintas.

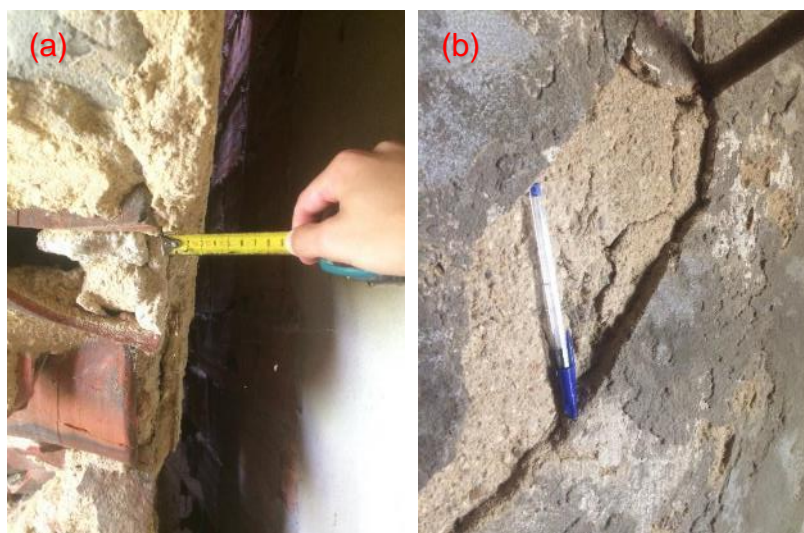


Figura 3.5 - Espessura de reboco empolado (a) e camada de acabamento de reboco empolada (b)

Descoberto então o espólio cerâmico foi possível nesta primeira abordagem perceber, apenas da análise visual, que a parede pão-de-açúcar é constituída não só pelas formas cerâmica que serviram para a purga do açúcar com também de cacos cerâmicos da mesma época. Dadas as possibilidades de observação, e segundo Morgado (2009), os cacos cerâmicos visíveis, como têm a forma arredondada, suspeitam-se que sejam também eles cacos de formas pão-de-açúcar como ilustra a Figura 3.6. Esta utilização leva a crer que de facto o excesso de formas à disposição, mesmo que não inteiras, levou a que fossem utilizadas como material de construção, acreditando assim que a boa qualidade do produto esteve sempre presente, bem como formas rejeitadas à comercialização também reaproveitadas nesta parede.



Figura 3.6 - Cacos cerâmicos na constituição do enchimento da parede



Figura 3.7 - Coloração distinta entre os vários cacos cerâmicos

Além deste pormenor visual, foi possível detetar a presença de formas ou partes delas que tinham cores distintas. A grande maioria denotava uma cor alaranjada, natural do barro que a grande parte da região de Aveiro fornece, mas uma pequena percentagem não passou indiferente e revelavam uma coloração distinta das demais (Figura 3.7). São então bastantes mais escuras o que poderá levar a crer que possam ter sido produzidas em outro local de Aveiro, nomeadamente em Aradas (Alves, 1997) onde o barro preto era bastante utilizado para diferente espólio cerâmico desde o século XV (Madaíl, 1959), portanto, bem possível cronologicamente além da sua forte comercialização em Aveiro (Fernandes, 2012). Terminada a inspeção visual, passou-se à medição de vários elementos constituintes da parede pão-de-açúcar. Começou-se então, pela camada de reboco, já revelado na Figura 3.5 ((a) e (b)), que tem aproximadamente 0.01 metros e 0.035 metros, respetivamente a camada de acabamento e a argamassa de regularização. Posteriormente, passou-se para medições relacionadas com as formas pão-de-açúcar, aqui percebeu-se que a sua maior dimensão tem valores compreendidos entre os 0.37 metros e os 0.40 metros (Figura 3.8 (c)). De seguida determinou-se o diâmetro médio da abertura das formas, arrecadou-se assim valores que variaram entre 0.26 m e 0.28 m assumindo-se uma média de 0.27 metros para o maior diâmetro nas formas pão-de-açúcar (Figura 3.8 (a) e (b)). Já sobre a outra extremidade das formas, o seu vértice/fundo por onde era purgado o açúcar, conseguiu-se caracterizar a dimensão do seu diâmetro e que tem um valor médio de 0.07 metros (Figura 3.8 (d)).

Como a produção tinha uma vertente com muito manufatura proveniente do trabalho humano, as formas têm aproximadamente as mesmas dimensões, variando sempre alguns centímetros entre elas o que faz com a parede tenha uma espessura com dimensões a variar entre os 0.42 e os 0.45 metros. Tal justifica-se pelos diferentes comprimentos das formas e pelas diferentes espessuras de reboco ao longo da parede. Essa conjugação faz com que a parede consiga variar essa dimensão aproximadamente 0.03 m.

A caracterização possível na primeira inspeção e visita à parede da Casa do Seixal terminou assim, ficando por marcar uma segunda inspeção com o objectivo de recolher amostras de cacos e da argamassa para ensaios destrutivos e ainda para ensaios não-destrutivos *in-situ* nas formas pão-de-açúcar inteiras.

Da visita foi ainda perceptível de que a Casa do Seixal tem também na sua constituição paredes de fachada com o reaproveitamento de espólio cerâmico não destinado à construção (Figura 3.9). Essa observação

foi admitida pela Dra. Liliana Cascais, responsável presencial da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro, que ainda disse que a Casa do Seixal fora construída cerca de 2 séculos depois à execução da parede pão-de-açúcar.

A visualização desta mesma constituição só foi possível devido aos estragos provocados no reboco por pássaros que por lá existem.



Figura 3.8 – Várias dimensões das formas. Diâmetro maior (a) e (b), comprimento (c) e diâmetro menor (d)



Figura 3.9 – Pormenor da constituição da parede de fachada da Casa do Seixal

Posteriormente foi ainda possível comparar o espólio cerâmico disponibilizado em 2017 aquando da visita com o espólio cerâmico disponível em 2009, relatado, fotografado e exposto por Paulo Morgado em “A cerâmica do açúcar em Aveiro na época moderna”. É possível observar-se (Figura 3.10) e até bastante evidente que o preenchimento com cacos e argamasse se têm vindo a perder em menos de uma década e que poderá ter dois fundamentos ou ser a junção desses mesmo dois acontecimentos: terem sido removidos para ensaios e novas descobertas e/ou terem sofrido algum tipo de vandalismo.

Como referido anteriormente, ficou a promessa de uma segunda visita à Casa do Seixal com vista à recolha de espólio cerâmico. Essa recolha teve que ser autorizada pela Santa Casa da Misericórdia tendo sido enviada uma carta expressando quais as intenções da recolha da amostra ao Exmo. Provedor da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro por forma a obter a autorização necessária. Assim, em meados de Julho foi entrega directamente na sede da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro essa mesma carta sendo a visita agendada, após aprovação do Provedor, para sensivelmente um mês após a entrega dessa mesma carta. A segunda visita à parede que contém as formas pão-de-açúcar decorreu então no dia 14 de Agosto de 2017 e serviu para a recolha de um caco cerâmico pertence a uma forma (Figura 3.11)



Figura 3.10 – Formas pão-de-açúcar e argamassa na parede da casa nºa 1: à esquerda em 2009 (foto de Paulo Morgado) e à direita em 2017



Figura 3.11 - Recolha da amostra na parede pão-de-açúcar

3.1.2 Casa nº 2

No seguimento das inspeções e recolha de dados e amostras *in-situ*, a 21 de Julho de 2017, efectuou-se uma visita a outra habitação (Figura 3.12). Situada no Rossio (Figura 3.13), também no centro da cidade de Aveiro, a habitação não tem nenhum nome característico daí se a ter intitulada de casa nº 2, pois correspondeu à segunda visita. Teve a Arquitecta Cláudia Escaleira como responsável do edifício, que acompanhou a inspeção e que acrescentou informações importantes para datar a construção do edifício. Segundo a mesma trata-se de “um modelo urbano do início do século XX” pelo que tem aproximadamente 100 anos desde que foi ali implementado.



Figura 3.12 - Fachada da Casa nº 2



Figura 3.13 - Localização da Casa nº 2

(retirado de <https://www.google.pt/maps>)

Com um pé-direito de aproximadamente 3.30 metros, a habitação, de dois pisos, encontrava-se interdita ao piso superior já que não tinha condições de segurança que permitisse a utilização e circulação desse e nesse andar. Assim, e segundo a Arquiteta Cláudia, apenas no piso térreo se encontram amostras cerâmicas na construção do edifício pelo que a acessibilidade ao piso superior, apesar de impossibilitada, não interferiu na recolha de dados e amostras.



Figura 3.14 - Vários tipos de cerâmica aplicada na parede. Pedra de Eirol (a), telha cerâmica antiga (b) e tijolo compacto (c)

O edifício é dotado de apenas uma parede em que se utilizou resíduos cerâmicos na sua elaboração (Figura 3.14) sendo o restante edifício composto pelos tradicionais e regionais adobes (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Exteriormente a essa constituição, as paredes com adobes foram rebocadas com argamassa tradicional de cal aérea ao passo que a parede exposta na Figura 3.14 apesar de pontualmente ter uma argamassa de revestimento, maioritariamente não tem qualquer revestimento que não seja a cerâmica aplicada. Assim foi possível observar-se que foi aplicada uma vasta panóplia de cerâmica que variou entre blocos de cerâmica sem forma regular a telhas e tijolos maciços (Figura 3.14). A este espólio cerâmico exposto junta-se o encontrado sob as escadas da habitação (Figura 3.15).



Figura 3.15 - Localização das amostras sob as escadas

Recolheram-se então amostras de quatro localizações distintas. Três das localizações das amostras recolhidas foram na parede apresentada na Figura 3.14

e uma debaixo das escadas que ligam o piso térreo ao primeiro andar da habitação (Figura 3.15). Foram extraídas para cápsulas para serem posteriormente ensaiadas. De realçar que da segunda localização foram recolhidas não só amostras de cerâmica como também da argamassa que constituiu a parede.

Além da recolha das amostras, a inspecção visual serviu para perceber que não só de produtos cerâmicos e adobes eram constituídas as paredes da habitação. A presença de Pedra de Eirol com coloração bastante semelhante à cerâmica de barro vermelho faz também parte da constituição da parede representada na Figura 3.14 e que facilmente se confunde com a própria cerâmica em estudo.

Em conversa ficou ainda claro a total disponibilidade da Arquitecta Cláudia Escalera para a marcação e posterior visita/inspecção à Casa, que por não ter um nome característico associado e por ter sido consultada posteriormente à Casa do Seixal, se intitulou neste documento como Casa nº 2.

3.1.3 Casa nº 3

A inspecção à Casa da Arrochela, assim intitulada, aconteceu a 24 de Julho de 2017 e serviu, tal como nas inspecções às habitações anteriores, para uma inspecção visual e para a tentativa da recolha de amostras. A Casa nº 3 situa-se no Bairro do Alboi (centro da cidade Aveiro) e tem duas fachadas expostas à rua. Uma delas exposta à Rua da Arrochela (Figura 3.16 (a)) e a outra à Rua Homem Cristo Filho (Figura 3.16 (b)) sendo que em cada uma das fachadas foi possível inspecionar-se dois locais distintos pelo que se teve acesso a quatro locais diferentes.

A inspecção decorreu com o contributo da Arquitecta Ana Carina Gomes que no decorrer da inspecção abordou a datação da realização da obra da habitação. Segundo a mesma, alguma parte do edifício foi construído em meados o século XVII já que a pesquisa de vários mapas da cidade com datas distintas fez aparecer uma “mancha” nesta localização o que traduz a construção do edifício. Assim, e como a fachada aparenta ser o elemento mais antigo supõe-se que a mesma deverá ter sido realizada durante o século XVII. A arquitecta adiantou ainda que existiram obras posteriores à data de construção e que a instalação sanitária existente foi construída em 1941, cerca de três séculos depois da primeira construção.



Figura 3.16 - Fachada da Casa nº 3 – Rua da Arrochela (a); Fachada da Casa nº 3 – Rua Homem Cristo Filho (b)

Já com estas informações procurou-se então realizar a inspecção visual na habitação dando mais ênfase às paredes que se achou terem sido construídas há mais tempo na tentativa de recolher amostras dessas mesmas paredes. Começou-se então pelo primeiro fogo que é parte do piso térreo do edifício virado à Rua da Arrochela (Figura 3.16 (a)). Aqui apenas uma parede tinha reboco destacado com uma espessura suficientemente que foi possível observar-se a composição da parede. Foi possível ver que na parede se tinham destacados cerca de 4 centímetros de argamassa de reboco (Figura 3.17) e que aqui foram aplicados cacos cerâmicos (Figura 3.18). Aparentemente a cerâmica utilizada são cacos pertencentes a telha marselha o que leva a crer que, e pela disposição que têm, poderão terem sido aplicadas posteriormente à obra de realização da habitação (meados do século XVII) uma vez que não estão de facto a serem utilizadas para contribuírem para uma maior resistência mecânica pela disposição que têm.



Figura 3.17 - Espessura de reboco empoldado



Figura 3.18 – Localização das amostras – 1º fogo

Sendo esta a única parede que tinha cerâmica exposta e visível, passou-se então ao outro fogo da mesma rua (Rua da Arrochela). Este fogo, de dimensões consideravelmente maiores, ocupa a restante área de implementação do piso térreo e todo o andar superior. O acesso ao fogo é naturalmente conseguido através de outra porta existente nessa mesma fachada. Este fogo encontrava-se num processo de inspecção para futura reabilitação e por essa razão tinha paredes com sinais de “carotagem” já que existiam aberturas nas paredes e o chão se encontrava com amostras cerâmicas e argamassa. Essas aberturas na parede tinham todas elas dimensões semelhantes entre si, assemelhavam-se a quadrados com 0,30 metros de lado (Figura 3.19) e possivelmente foram conseguidos através de processos mecânicos. Perante esta situação a recolha de amostras ficou bastante mais facilitada já que à data da inspecção não foi possível obter autorização para realizar este tipo de aberturas, assim, como já se encontravam realizadas conseguiu-se recolher algumas amostras que se encontravam caídas no chão sob as aberturas ou encontravam-se ainda nas paredes, mas que facilmente fossem recolhidas.

Recolherem-se assim amostras não de todos os locais de inspecção, mas de grande parte deles já que algumas dessas aberturas ou não tinham espólio cerâmico exposto ou não era possível retirá-lo ou ainda, e apesar da carotagem ser profunda, nitidamente a parede não tinha elementos cerâmicos na sua constituição. No final da inspecção a este fogo obtiveram-se 7 amostras cerâmicas de vários locais maioritariamente retiradas das ditas aberturas já existente (Figura 3.20) e que foram feitas anteriormente com o intuito de inspeccionar e avaliar o estado de conservação das paredes do edifício.



Figura 3.19 - Dimensões das aberturas das paredes



Figura 3.20 - Localizações de algumas das amostras – 2º fogo

Inspeccionado assim o segundo fogo realizou-se seguidamente a inspecção a um terceiro fogo. Essa inspecção já se fez na parte de Casa nº 3 em que a fachada se encontra virada à Rua Homem Cristo Filho (Figura 3.16 (b)) e que se revelou inútil já que não havia vestígios de nenhum elemento cerâmico pelo que rapidamente se seguiu a inspecção ao resto do edifício e, portanto, se entrou no quarto fogo do edifício.

O quarto espaço independente da Casa nº 3 a ser visitado, virado também este à Rua Homem Cristo Filho, tinha também pouco espólio cerâmico exposto ou que fosse de fácil remoção, sendo que foi igualmente possível obter-se amostras apesar da total destruição em que se encontrava a área útil de habitação. Essas amostras cerâmicas removidas encontravam-se junto ao tecto. A facilidade da remoção deveu-se não só às condições em que se encontravam as amostras, mas também pelo tradicional baixo pé-direito que as habitações antigas tinham. Assim, e como mostra a Figura 3.21, a recolha das amostras deste fogo foi feita facilmente sendo que o único lamento foi o de serem poucas as amostras possíveis de recolher neste mesmo fogo.



Figura 3.21 - Localização das amostras – 4º fogo

No último fogo que constitui o edifício, o quinto fogo, foi também possível recolherem-se amostras. Tal como os dois fogos enumerados anteriores (3º e 4º), este também pertence à fachada virada à Rua Homem Cristo Filho (Figura 3.16 (b)), e tinha também este, tal como o fogo nº 2, aberturas para a inspecção e avaliação do estado de conservação das paredes constituintes do edifício, que no caso de edifícios antigos como este, são paredes estruturais (Figura 3.22), e que facilitou a obtenção das amostras.

Assim terminaram a inspecção à Casa nº 3 que acabou por se tornar na inspecção a 5 fogos distintos sendo que em um deles (o terceiro) não se obteve nenhuma amostra ao contrário de todos os outros em que pelo menos uma amostra foi conseguida em cada um deles.



Figura 3.22 - Localização das amostras - 5º fogo

Como dito pela Arquitecta Ana Carina Gomes, apenas a instalação sanitária localizada no segundo fogo inspeccionado tem uma data de construção mais recente que o restante edifício. Além de não existir espólio cerâmico nessa mesma divisão da habitação a procura pelo espólio concentrou-se sobretudo em espólio mais antigo pelo que mesmo que lá existisse espólio cerâmico possível de ser recolhido talvez não fosse o espólio mais interessante de ser estudado de entre todas as amostras que se obtiveram.

3.1.4 Casa nº 4

Depois de se conseguir agendar uma data de reunião com o Engenheiro Paulo Morgado, engenheiro geólogo com trabalho desenvolvido na área das arqueociências, reabilitação e conservação de elementos e edifícios históricos, realizou-se no dia 3 de Agosto de 2017 visitas a vários locais do centro da cidade de Aveiro com vista à recolha de amostras de cacos cerâmicos de forma pão-de-açúcar. A visita decorreu com a presença do também engenheiro geólogo, o Professor Fernando Rocha do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro. Ambos são dos profissionais que mais se têm dedicado ao desenvolvimento das temáticas relacionadas com as formas pão-de-açúcar e, portanto, o conhecimento adquirido de viva voz foi bastante enriquecedor.

Iniciou-se então o percurso visitando uma demolição que segundo o Eng. Paulo Morgado teria tido na realização da sua construção formas ou cacos pão-de-açúcar (Figura 3.23). De acordo com o Engenheiro muitas das habitações mais antigas localizadas dentro da área do antigo Bairro das Olarias teriam na composição dos seus elementos construtivos bastante espólio de formas pão-de-açúcar.

Esta antiga habitação estava localizada na Rua Eça de Queirós que se situa sobre esse mesmo bairro e apesar dos esforços, não se recolheram amostras do espólio cerâmico mais pretendido. Não obstante a



Figura 3.23 - Primeiro local inspeccionado - Casa nº 4

isso, recolheram-se amostras cerâmicas de tijolo que foi a cerâmica utilizada na grande maioria da construção desta habitação.

Não conseguiu obter-se as formas, neste caso e após demolição seriam apenas cacos, o Eng. Paulo Morgado indicou um outro local onde se poderiam encontrar espólio cerâmico desse tipo.

3.1.5 Casa nº 5

Não muito distante deste primeiro local visitado neste dia, a cerca de 150 metros, o Engenheiro Paulo Morgado apresentou uma outra habitação, a que se intitulou de Casa nº 5 por não ter nenhum nome característico. A habitação localiza-se no final da Rua dos Combatentes da Grande Guerra e tem pelo menos uma fachada com os cacos das formas pão-de-açúcar. Nessa mesma fachada, a única que foi possível aceder, estava à data da visita protegida por chapas metálicas (Figura 3.25).

Apesar disso, o acesso fez-se pelo terreno adjacente a essa mesma fachada, conseguindo-se ultrapassar essa barreira e recolher algumas amostras do espólio pretendido. Como afirmou o Engenheiro Paulo Morgado também esta habitação se localiza sobre o antigo Bairro das Olarias, daí a facilidade de encontrar amostras cerâmicas, nomeadamente cacos das formas na sua constituição. Dado que deverá ter existido uma outra habitação adjacente, onde agora se encontra o terreno por onde se acedeu, a fachada em causa não tinha nenhum tratamento superficial, ou seja, não estava rebocada em parte alguma. Este pormenor fez com que a recolha das amostras fosse mais facilitada, recolhendo apenas amostras mais superficiais (Figura 3.24). A maior dificuldade encontrada na inspeção à Casa nº 5 foi o pequeno espaço de circulação entra a fachada a inspeccionar e as chapas metálicas que a protegia.



Figura 3.25 – Fachada da Casa nº 5



Figura 3.24 - Localização da amostra recolhida

3.1.6 Muro nº 1

Recolhidas as amostras possíveis da Casa nº 5, seguiu-se o percurso pedonal por mais cerca de 250 metros até à Rua Homem Cristo Filho. Na fachada de tardo do edifício do Comando Distrital da PSP de Aveiro, também sobre o antigo Bairro das Olarias, está localizado um muro que na sua constituição tem formas pão-de-açúcar (Figura 3.26 e Figura 3.27).



Figura 3.26 - Muro com formas pão-de-açúcar na sua constituição



Figura 3.27 - Localização do Muro nº 1
(retirado de <https://www.google.pt/maps>)

Este muro com cerca de 5 metros de altura leva a crer que teve fases distintas de construção. A parte inferior do muro é constituída por blocos de pedra, algumas basálticas provenientes das ilhas, sendo que o seu coroamento já é feito com elementos menos resistentes à compressão como as formas pão-de-açúcar. Assim é possível perceber que o muro está estratificado (Figura 3.26) e que possivelmente não foi executado todo na mesma intervenção.

Procedeu-se então à recolha de cacos cerâmicos já que era impossível obter uma forma totalmente intacta. Havia apenas 3 formas visíveis sendo que todas elas se encontravam fraturadas em alguma parte. Assim, e para preservar o aspecto e a resistência mecânica do muro, optou-se pela obtenção de apenas cacos cerâmicos de outras formas que já existiram adjacentes às visíveis actualmente e que para efeitos e

ensaios resultaram de igual forma. Procedeu-se então à recolha de cacos cerâmicos já que era impossível obter uma forma totalmente intacta. Havia apenas 3 formas visíveis sendo que todas elas se encontravam fraturadas em alguma parte. Assim, e para preservar o aspecto e a resistência mecânica do muro, optou-se pela obtenção de apenas cacos cerâmicos de outras formas que já existiram adjacentes às visíveis actualmente e que para efeitos e ensaios resultaram de igual forma. A facilidade de obtenção dos cacos também foi um factor tido em conta já que a extrema dificuldade de aceder às amostras a uma altura considerável e sem acesso a nenhum tipo de elemento elevatório (p.e.: escadas) assim o obrigaram.



Figura 3.28 - Estratificação dos elementos constituintes do muro

3.1.7 Depósito de Cerâmicos

Continuando o percurso pedonal na Rua Homem Cristo Filho por mais 150 metros aproximadamente, o Engenheiro Paulo Morgado apresentou um local que se encontrava repleto de espólio cerâmico. Segundo o mesmo, o terreno localizava-se adjacente ao lado exterior da muralha que protegia e delimitava a vila de Aveiro e nesta precisa localização era onde se depositavam os resíduos de construção e demolição.



Figura 3.29 - Depósito cerâmico

construtivo pertencente a uma habitação já demolida é na Rua de Sá perto do Quartel da Guarda Nacional Republicana (GNR) da Aveiro (Figura 3.32).

Neste local foram efectuadas duas inspecções em datas distintas. A primeira decorreu no dia 3 de Agosto de 2017 com a presença do Professor Fernando Rocha e do Engenheiro Paulo Morgado como referido anteriormente. Já a segunda inspecção decorreu no dia 14 de Agosto de 2017 e verificou-se pela falta de amostras obtidas aquando da primeira visita.

O muro da antiga habitação é um muro desprovido da camada de regularização pelo que as amostras superficiais foram removidas sem grandes dificuldades. O grande entrave é que as amostras das formas pão-de-açúcar nesta localização, como já se encontra bastante longe do Bairro das Olarias, – é do outro lado da cidade – são muito poucas, daí o problema da obtenção destas mesmas amostras.

Da primeira inspecção foi possível observar-se um caco pertencente à boca de uma forma com o desenvolvimento do mesmo caco a fazer-se para o interior da parede.

Após a tentativa falhada de remoção desse mesmo caco, percebeu-se que se teria de voltar ao mesmo local numa outra data com equipamento que auxiliasse a remoção dessa mesma amostra cerâmica. Consequentemente realizou-se uma segunda visita ao muro nº 2 com o exclusivo objectivo de remover esse caco cerâmico já que a exaustiva inspecção anterior determinou que não existiam mais amostras possíveis de serem removidas. Assim, e com auxílio de martelo e escopro removeu-se o caco da forma pão-de-açúcar aumentando assim o número de amostras desta localização e obtendo também a amostra mais representativa.



Figura 3.32 - Muro nº 2 (coberto por vegetação densa)

3.2 Amostras Recolhidas

Ao longo das visitas aos vários locais apresentados no subcapítulo anterior foram recolhidas amostras cerâmicas com origens diferentes, ou seja, foram recolhidas amostras cerâmicas pertencentes a formas pão-de-açúcar, a telhas e a tijolos. Na inspecção à Casa do Seixal e na visita acompanhada pelo Engenheiro Paulo Morgado e pelo Professor Fernando Rocha (Casa nº 5, Muro nº1, Depósito Cerâmico e

Muro nº2) recolheram-se variadas amostras de formas pão-de-açúcar, todas elas apenas cacos das mesmas, ao passo que nas inspecções realizadas na Casa já demolida, na Casa nº 2 e na Casa nº 3 se recolheram amostras cerâmicas de outros tipos, nomeadamente telha e tijolo.

3.2.1 Casa nº 1

Como referido anteriormente, efectuaram-se duas visitas em datas distintas à Casa do Seixal sendo que a segunda ida à parede pão-de-açúcar se deveu à não recolha na visita antecedente. O não levantamento de espólio cerâmico inicialmente foi culpabilizado pela falta de autorização por parte da Santa Casa da Misericórdia de Aveiro, responsável por esta mesma habitação. Conseguida a autorização, agendou-se nova data com o propósito da recolha de amostras. Assim, recolheu-se uma amostra cerâmica de um caco de preenchimento das formas pão-de-açúcar. É um caco pertencente também ele a uma antiga forma, perceptível pela sua curvatura e espessura e que para efeito de análises veio a servir perfeitamente sem que se tenha que dismantelar uma forma completa e consequentemente ir destruindo o pouco espólio *in-situ* ainda existente. De salientar que também não se conseguiu autorização para tal pelo que *à priori* já se sabia que a recolha de amostras só aconteceria ao nível de cacos cerâmicos e nunca de uma ou mais formas pão-de-açúcar completas.

Recolheu-se então apenas um caco de uma antiga forma pão-de-açúcar, caco esse que tinha a função de material de preenchimento. Foi retirado a cerca de 1,50 metros de altura e encontrava-se envolvido em argamassa, já bastante deteriorada. Na sua envolvência mais próxima tinha outros cacos semelhantes e só uns centímetros mais distantes é que se visualizavam algumas formas inteiras como indica a Figura 3.33.



Figura 3.33 - Localização da recolha da amostra

A Figura 3.34 (a) apresenta a única amostra possível de recolher na Casa do Seixal. Apesar de não ser perceptível visualmente, a argamassa que a envolve tal como a argamassa que se encontra na parede pão-de-açúcar desta habitação, encontra-se bastante danificada ao ponto de já não cumprir as suas funções de preenchimento e assentamento. Segundo a Arquitecta Liliana Cascais houve um incidente provocado pela acção humana de lavar a parede com o intuito de melhorar o aspecto visual das formas que levou a que a argamassa que as envolvem assim como a argamassa de preenchimento se danificasse e perdesse qualidade e funcionalidade. À data das inspecções a argamassa assemelhava-se apenas ao

agregado da sua constituição, desfazendo-se por completo ao toque minimamente perceptível na Figura 3.34 (b).

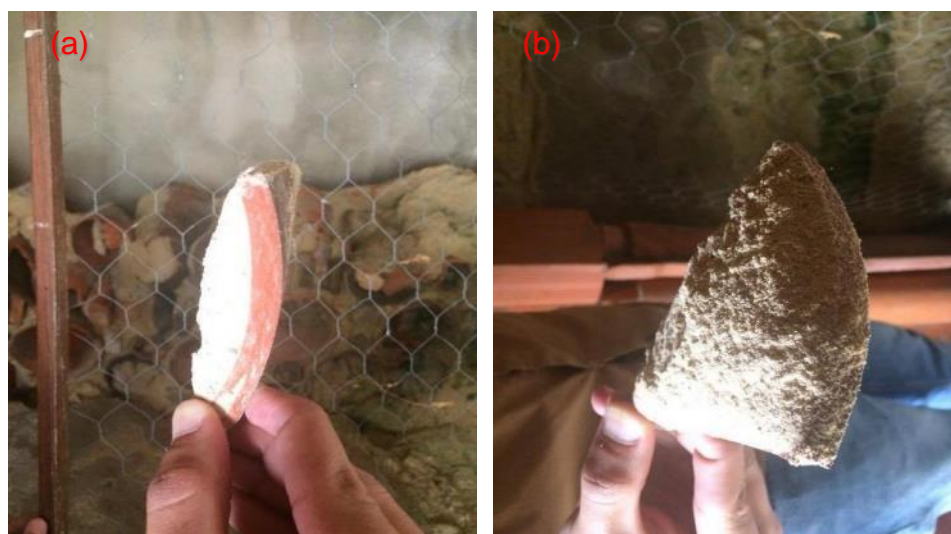


Figura 3.34 - Amostra recolhida (a) e argamassa de preenchimento (b)

3.2.2 Casa nº 2

Da inspecção à segunda casa cronologicamente falando, a Casa nº 2, foi possível a recolha de várias amostras cerâmica a que se agregavam argamassa. Sinteticamente, recolheram-se 6 amostras cerâmicas de espólio não relacionado com formas pão-de-açúcar como se apresenta Figura 3.35 (a).

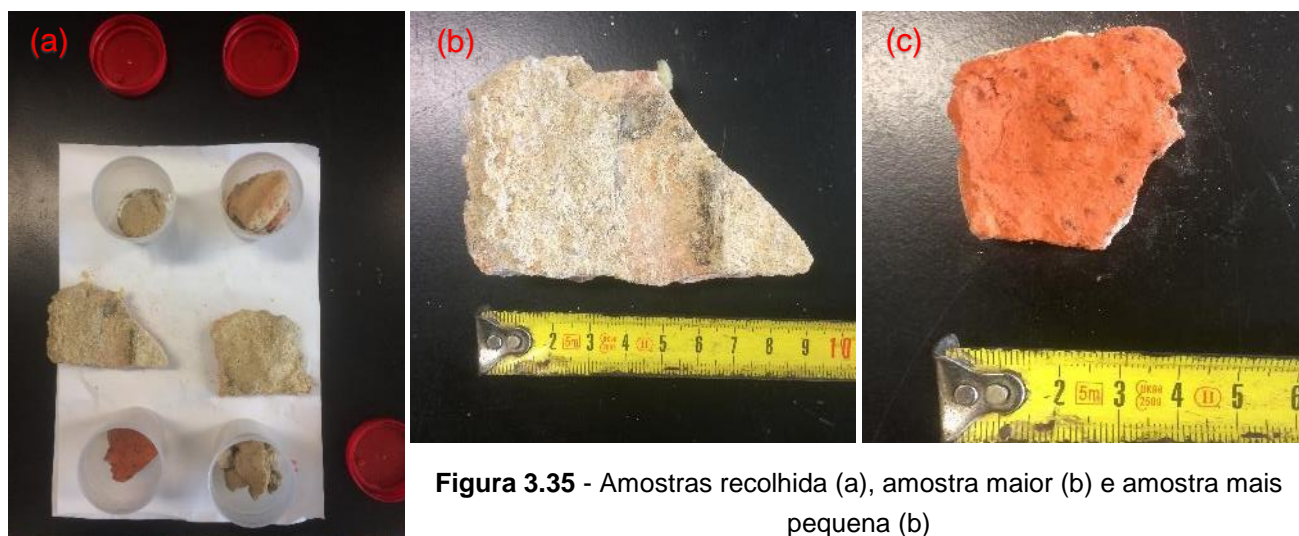


Figura 3.35 - Amostras recolhida (a), amostra maior (b) e amostra mais pequena (b)

Reuniram-se três amostras de maiores dimensões e outras tantas de dimensões significativamente mais pequenas Figura 3.35 (b) e Figura 3.35 (c).

3.2.3 Casa nº 3

Aquando da inspecção à Casa nº 3, que está dividida em cinco fogos distintos, foi possível fazer uma recolha de amostras em quatro desses mesmos fogos. Assim, conseguiu-se levar para o laboratório da Universidade de Aveiro espólio cerâmico do primeiro, segundo, quarto e quinto fogo já que no terceiro, como referido no subcapítulo anterior, não tinha vestígios da utilização de elementos cerâmicos de qualquer tipo em nenhuma das paredes. Assim conseguiu-se uma amostra de dimensões consideráveis no primeiro fogo inspecionado (Figura 3.36(a)).

O maior número de amostras recolhidas de entre todos os fogos aconteceu durante a inspecção ao segundo fogo onde se recolheram sete amostras cerâmicas. Duas delas de espessura finíssima pertencente a cacos de tijelas que serviriam para comer e as restantes cinco pertencentes a cacos cerâmicos maciços proveniente de tijolo como exposto na Figura 3.36 (b).

Passando à quarta zona independente, o quarto fogo, conseguiu-se uma amostragem de dois cacos cerâmicos, uma de dimensões a rondar os 5 centímetros e a outra de aproximadamente dois centímetros de desenvolvimento (Figura 3.36 (c)). É facilmente perceptível que o elemento de maiores dimensões pertenceria a um maciço cerâmico, ao que tudo indica um tijolo maciço, ao passo que a amostra de dimensões mais pequenas deveria pertencer a uma telha canudo já que apresenta uma ligeira concavidade e tem uma espessura demasiadamente esbelta para se poder afirmar que se trata de um caco cerâmico de uma forma pão-de-açúcar.

Na inspecção ao último fogo realizada à Casa nº 3 conseguiu-se recolher duas amostras cerâmicas tal como no fogo anterior. Contudo e positivamente, as amostras recolhidas têm maiores dimensões que as homólogas do quarto fogo (Figura 3.36 (d)). Como apresentavam uma resistência mecânica substancialmente elevada ao toque e não davam quaisquer sinais de se fragmentarem, ambas as amostras foram consideradas como elementos cerâmicos pertencentes a tijolo maciço. Mais tarde em laboratório, e depois de tratamentos impostos a todas as amostras (explicitados no capítulo seguinte) revelou-se que uma das amostras era apenas e somente um bloco de argamassa em excelentes condições.



Figura 3.36 - Amostras recolhidas no fogo 1 (a); no fogo 2 (b); no fogo 3 (c); no fogo 4 (d)

3.2.4 Casa nº 4

A procura por elementos cerâmicos numa Casa nº 4 pode parecer uma tarefa mais fácil do que a procura desses mesmos elementos numa habitação ainda construída mesmo de devoluta, mas poderá não o ser. Apesar de não ter que se recorrer a equipamentos para a remoção dos elementos constituintes das paredes que constituíam as habitações, a anarquia de uma demolição é a sua maior característica. Como se

procuravam elementos particulares – a visita ao local dirigida pelo Engenheiro Paulo Morgado e pelo Professor Fernando Rocha visava a recolha de elementos pão-de-açúcar – a demolição em nada ajudou a realização dessa mesma tarefa, de tal forma que de facto não se conseguiu obter nenhuma amostra desse mesmo espólio cerâmico.

Ainda assim conseguiram-se recolher dois exemplares de tijolo de cerâmica. À data da visita foi dito pelo Engenheiro Paulo Morgado que ambas as amostras recolhidas deverão ter constituintes diferentes ou até o tipo de cozedura poderá ser distinto, factos que justificarão a diferença das pastas depois de cozidas. Há também uma diferença tipológica pois a amostra exposta na Figura 3.37 (b) é designada, segundo o Engenheiro Morgado, como “rabo de andorinha” pois apresenta a terminação do tijolo cerâmico em “V”. Esta entalhe era utilizado no processo de construção das paredes, pois era encaixado em traves de madeira colocadas na vertical. Segundo Paulo Morgado, existe muito pouco conhecimento científico sobre este tipo de tijolos cerâmicos apesar de serem comuns nas construções mais antigas da região de Coimbra e bastante raros na construção antiga de Aveiro. A datação deste mesmo espólio cerâmico é do início da época moderna, meados do século XV.

Depois do fornecimento desta informação crucial por parte do Engenheiro Paulo Morgado, sabe-se que este espólio cerâmico terá a sua data de fabricação bastante semelhante à data de fabricação das formas pão-de-açúcar, o que trará uma melhor análise comparativa já que os processos de fabricação não deveriam ser tão distintos comparativamente a espólio cerâmico fabricado mais recentemente

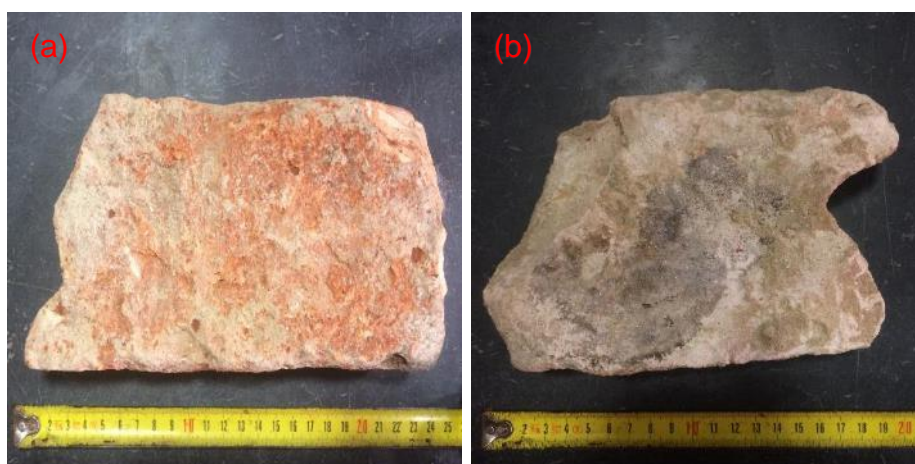


Figura 3.37 - Amostra recolhida na Casa nº 4 (a); Amostra recolhida na Casa nº 4 (b)

3.2.5 Casa nº 5

Prosseguiu-se a inspecção capitaneada pelo Engenheiro Morgado e na Casa nº 5, o segundo espaço visitado no terceiro dia do mês de Agosto, onde se conseguiram recolher 4 amostras. Neste espaço, tal como Paulo Morgado anunciara, conseguiu-se exumar 4 amostras de cacos cerâmicos originários de antigas formas pão-de-açúcar. Uma delas, a exposta na Figura 3.38 (a), foi encontrada numa extremidade da grande parede da fachada lateral da habitação. Foi obtida facilmente uma vez que o acesso a essa zona da parede da fachada não estava acondicionado. As restantes amostras (Figura 3.38(b)) foram obtidas através de um fácil processo de exumação sendo que a sua localização era distinta da localização da primeira amostra e bem mais difícil de se lhes aceder, contudo conseguiram-se 4 importantes exemplares provenientes de formas pão-de-açúcar.



Figura 3.38 - Amostra recolhida na Casa nº 5 (a); Amostras recolhidas na Casa nº 5 (b)

3.2.6 Muro nº 1

Como explicitado no subcapítulo anterior, seguiu-se a tentativa de recolha de amostras num local onde existe um muro em que na sua constituição aparecem não só cacos cerâmicos de várias origens como também o seu coroaamento é constituído por formas praticamente intactas. Não se encontrou nenhuma forma pão-de-açúcar completamente inteira apesar de provavelmente terem lá sido colocadas em total bom estado. A natural degradação fez com que actualmente nenhuma forma esteja no seu melhor estado de conservação. Análise esta feita às amostras que estão expostas e já não protegidas pelo reboco que outrora as protegera. Assim, recolheram-se apenas cacos cerâmicos de formas que lá existiam. Esses cacos deveriam pertencer não só às faltas visíveis nas formas ainda existentes com também a cacos lá colocados desde a construção do muro. Dada a tanta oferta de amostras, o único inconveniente da sua recolha era o difícil acesso à zona do muro que as continha. As amostras estavam situadas a aproximadamente 5 metros de altura e não existia nenhum tipo de acesso a essa zona pelo que se teve que subir com o auxílio de uma árvore. Ultrapassada a barreira e depois de encontrar uma zona mais estável do muro, foi possível recolher-se um grande número de exemplares de cacos cerâmicos desta localização (Figura 3.39).



Figura 3.39 - Amostras recolhidas no Muro nº 1

Conseguiram-se então recolher 9 amostras de cacos cerâmicos, todos provenientes de antigas formas pão-de-açúcar sendo que a grande maioria obtida nesta recolha tinha dimensões consideráveis, com bastantes elementos de bordo e um elemento do fundo da forma (Figura 3.40 e Figura 3.41).

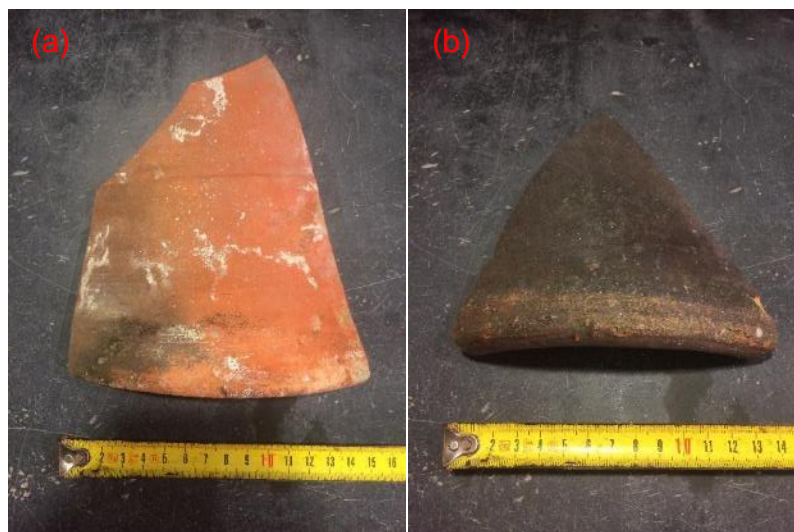


Figura 3.40 - Amostra recolhida no muro nº 1 (a); Amostra recolhida no muro nº 1 (b)



Figura 3.41 - Fundo de uma forma cerâmica - interior (a) e exterior (b)

3.2.7 Depósito de Cerâmicos

Como apresentado na Figura 3.42 conseguiram-se obter 9 amostras de cacos pertencentes a antigas formas pão-de-açúcar. Como as mesmas se encontravam numa terra de cultivo já não têm as dimensões mais desejáveis talvez pela lavra da terra que as foi partindo. Ainda assim conseguiram-se amostras de bordos de várias formas que se traduz por exemplares com uma boa espessura, característica importante para os ensaios a realizar.

A origem da utilização destes cacos, outrora formas pão-de-açúcar é desconhecida já que, e apesar de terem sido produzidas formas com a intenção de serem exportadas, algumas delas como se sabem foram utilizadas na construção. Ora o aparecimento de um depósito deste espólio cerâmico sem que se saiba a função anterior das peças cerâmicas faz com que não se saiba se as formas foram fabricadas, sobraram

em stock e foram colocadas no depósito; se foram colocadas em paredes de habitações ou muros e aos serem demolidos, foram colocadas no depósito ou ainda se eram peças de refugo com anomalias e que eram colocadas no depósito.

Desta forma, sabe-se que de facto existiu nesta localização um depósito cerâmico não sabendo a origem do despejo dos elementos cerâmicos aqui existente e, portanto, não sabendo nem espectando assim as características que tais cacos cerâmicos teriam.



Figura 3.42 - Amostras recolhidas no depósito de cerâmicos

3.2.8 Muro nº 2

No último local a visitar e aquele que é mais distante de todos os outros, também o mais distante do antigo Bairro das Olarias, foi possível obterem-se 5 cacos cerâmicos. Dos 5 cacos cerâmicos recolhidos, 4 foram elementos de formas pão-de-açúcar e um deles seria, pelo aspecto e dimensões uma asa de um cântaro antigo (Figura 3.43). Como referido no subcapítulo anterior, existiu uma segunda visita ao local para que se removesse um caco de forma pão-de-açúcar que se suspeitava que tinha maiores dimensões e, portanto, de bastante interesse removê-lo.



Figura 3.43 - Amostras recolhidas no Muro nº 2

Com o caco cerâmico obtido aquando da segunda visita obtiveram-se então 6 amostras cerâmicas deste local, sendo 5 delas amostras pertencentes a formas pão-de-açúcar.

Terminadas todas as inspecções e recolhas conseguiram-se então obter 45 amostras cerâmicas de várias origens como telha, tijolo e formas pão-de-açúcar.

De seguida apresentar-se-ão a proveniência das amostras cerâmicas que não se apresentam na totalidade das amostras a que pertencem. As amostras que não são formas pão-de-açúcar como as de telha, tijolo maciço, dadas as suas características, facilmente se percebe a origem das mesmas. Ainda mais fácil é a análise geométrica feita às amostras 2.5 e 2.6 que são pertencentes a uma taça cerâmica e à asa de um cântaro, respectivamente. No entanto, essa mesma análise geométrica às amostras pertencentes a antigas formas pão-de-açúcar não é tão espontânea já que não há uma familiarização tão próxima como existe da cerâmica referida anteriormente

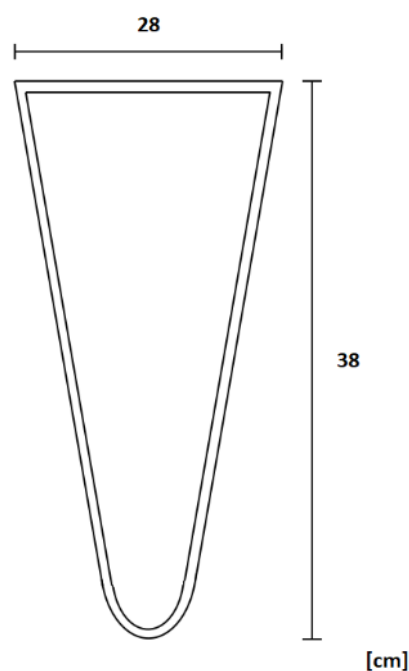


Figura 3.44 - Esquema geométrico das formas pão-de-açúcar

Nesse sentido apresentar-se-á uma tabela síntese que mostra a localização geométrica das amostras recolhidas que teriam dimensões semelhantes e que se aproximariam bastante das dimensões apresentadas na Figura 3.44.

Existem então amostras pertencentes a diferentes posicionamentos dentro da forma pão-de-açúcar e que vêm esquematizados na Figura 3.45. Algumas delas são amostras de bordo, pertencente ao rectângulo azul, outras são amostras do fundo, identificada com a cor verde e outras, da zona mais central da forma, representada a amarelo na Figura 3.45.

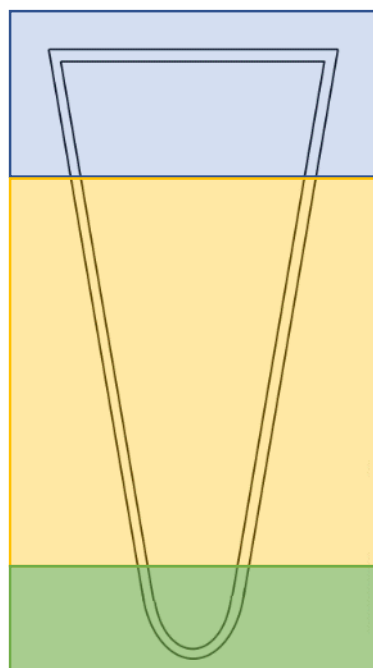


Figura 3.45 – Representação esquemática das diferentes gamas de posicionamentos das amostras encontradas

Por forma a serem apresentadas de forma mais sintetizada e de maior facilidade de interpretação, a tabela seguinte, Tabela 3.2 , mostra quais as amostras de antigas formas pão-de-açúcar que se inserem em cada uma das gamas de posicionamento.

Tabela 3.2 - Listagem das amostras por gama de posicionamento

Amostras	Nº de Amostras	Gama de Posicionamento
3.2.1; 3.2.2; 3.2.3; 3.3.1; 3.3.2; 3.3.3; 3.3.6; 3.3.7; 3.4.1; 3.4.2; 3.4.3; 3.4.4; 3.4.5; 3.4.6; 3.4.8; 3.4.9.	16	Bordo
3.3.4; 3.3.5; 3.3.8; 3.4.7; 3.5.1; 3.5.2; 3.5.3; 3.5.4; 3.6.1	9	Meio
-	0	Fundo

Com as amostras no laboratório passar-se-á aos ensaios sobre elas executados bem como os tratamentos a que foram sujeitas. Tais factos serão explicitados no próximo capítulo.

4. Procedimentos e ensaios de caracterização

Numa análise global às 45 amostras recolhidas é possível encontrar alguns denominadores comuns. Exemplos das características transversais a todas as amostras presentes em laboratório são, serem todas elas cerâmicas, terem pelo menos 2 séculos desde a sua fabricação aproximadamente, e a sua massa superior a 20 mg, característica essencial aos ensaios a realizar.

Como todas as amostras têm uma massa superior a 20 mg, optou-se pela posterior realização de uma análise mineralógica e uma análise química, análises realizadas em grande número das amostras e que necessitam de uma massa de amostra mínima de 20 mg. Nas amostras de maiores dimensões e que reunissem características como a espessura mínima de aproximadamente 2 mm, pouco ou preferencialmente não-curvas e ainda que existisse a possibilidade de tornar parte das amostras em cubos, realizou-se um ensaio para a obtenção do valor da resistência à compressão, obtido axialmente, dessas mesmas amostras que reúnem as características explicitadas anteriormente.

Na procura dos resultados mineralógicos, químicos e de resistência à compressão realizaram-se ensaios que deram respostas nesse sentido. Assim para a determinação e análise mineralógica das amostras cerâmicas obtidas, realizou-se a técnica de difração de raios X (DRX), na determinação dos componentes e análise química realizou-se uma espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de comprimentos de onda (FRX), por último, para a obtenção do valor de resistência mecânica dos provetes obtidos das amostras de maiores dimensões realizou-se o ensaio dinâmico de compressão simples sobre esses mesmos provetes.

Antes de qualquer tipo de ensaios, explicitados seguidamente, teve-se que realizar tratamentos superficiais às amostras recolhidas. Os tratamentos que se realizaram serão expostos também eles nos subcapítulos seguintes.

4.1 Tratamento e Preparação das Amostras

Depois de obtidas as amostras *in-situ* teve-se que realizar um tratamento superficial sobre as mesmas para que nas futuras análises mineralógicas e químicas não se verificassem elementos que não pertencessem exclusivamente à amostra em estudo. Nesse sentido realizou-se uma limpeza superficial a todas as amostras retirando assim uma camada superficial de argamassa ou terra que as revestiam e que era transversal a todas elas. Para que o processo fosse menos moroso optou-se por colocar as amostras imersas em água fazendo com que o processo de limpeza fosse mais facilitado posteriormente. Passando-se à prática, como mostram as Figura 4.1 (a), (b) e (c), colocaram-se todas as 45 amostras cerâmicas submersas em água devidamente identificadas. Para maior facilidade e devido à existência dessa possibilidade, cada grupo de amostras de determinada localização foi colocada num recipiente, facilitando assim a selectividade das amostras.



Figura 4.1 - Amostras submersas antes do processo de limpeza superficial (a), (b) e (c)

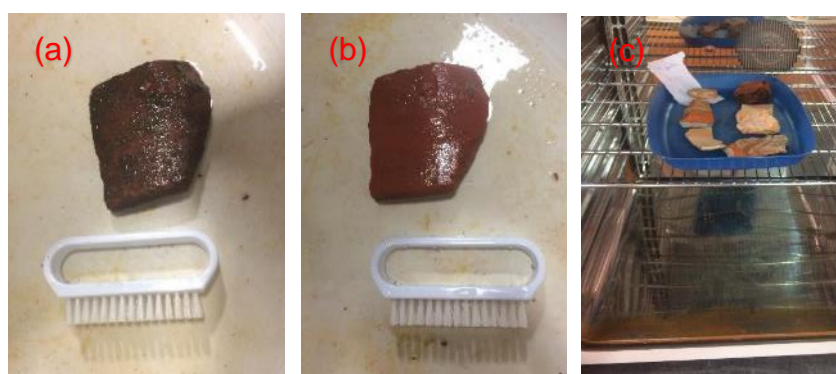


Figura 4.2 - Amostras antes (a) e depois (b) de submetida à limpeza com a escova. Secagem das amostras (c)

Passados aproximadamente 30 minutos, realizou-se a limpeza de todas as amostras recolhidas. Para isso foi necessário recorrer-se a uma escova e submeteram-se todas as amostras ao processo de limpeza superficial com o recurso a essa mesma escova. Como mostram a Figura 4.2 (a) e a Figura 4.2 (b), as diferenças são bastante notórias desde a coloração, em se revela a coloração natural da amostra até à textura, já que se deixa de sentir os naturais grãos de areia e terra que se encontravam agregados à amostra. O processo repetiu-se mais quarente e quatro vezes até que se removeu todo o material anexo às amostras e que não era relevante para o presente estudo.

Seguidamente, colocaram-se novamente todas as amostras humedecidas em tabuleiros devidamente identificados e foram colocadas em estufa. As amostras depois de separadas por local de remoção, foram colocadas numa estufa a 50 °C durante aproximadamente 16 horas e 30 minutos, já que foram colocadas em estufa às 16H25 e retiradas às 9H00 do dia seguinte (Figura 4.2 (c)).

Passado o processo de secagem das amostras seguiu-se o processo de identificação das mesmas. Assim elaborou-se uma designação numérica diferente para cada local de obtenção e recolha de amostra em junção com a diferente data de recolha dessas mesmas amostras, com uma sub-gama de numeração referente a cada amostra. A tabela seguinte (Tabela 4.1) mostra as numerações atribuídas a cada uma das localizações em que obteve uma amostras. Explicitando de forma mais objectiva, as amostras 1.x são pertencentes à recolha efectuada à Casa nº 2 no dia 21 de Julho de 2017, as amostras 2.x são amostras pertencentes à Casa nº 3, recolhidas em 24 de Julho de 2017 à excepção das amostras 2.5 e 2.6 que foram

recolhidas posteriormente mas como não se tratavam das amostras formas pão-de-açúcar foram nomeadas amostras do tipo 2.x. Por último, as amostras 3.x são todas amostras cerâmicas outrora pertencentes a formas pão-de-açúcar à excepção dos exemplares 3.1.x que são tijolos cerâmicos, que recolhidos à data das restantes amostras 3.x (3 de Agosto, ficaram também eles denominados 3.x.

Depois de realizado o processo de identificação das amostras que se realizou após o processo de limpeza e secagem das amostras seguiu-se o processo de selecção de quais as amostras se considerariam a ensaiar.

Dada a incorporação do tema no projecto *DB-Heritage*, é fundamental a existência de amostras simultaneamente aos estudos científicos e ensaios realizados sobre as mesmas. Torna-se então importante a gestão da selecção das amostras já que as dimensões são variáveis de amostra para amostra. Assim a selecção das mesmas iniciou-se pelas amostras de maiores dimensões, privilegiando também a não destruição de todas as amostras de dimensões mais significativas. Depois de seleccionadas as amostras de maiores dimensões, teve que se seleccionar amostras mais pequenas sendo que existiram caso que as amostras foram destruídas e ensaiadas na sua totalidade remanescendo apenas o seu registo fotográfico.

Tabela 4.1 - Nomenclatura utilizada na marcação das amostras

Localização das amostras		Nomenclatura	Nº de amostras (x)
Casa nº 2		1.x	4
Casa nº 3	fogo 1	2.1.x	1
	fogo 2	2.2.x	5
	fogo 3	2.3.x	2
	fogo 4	2.4.x	2
Casa nº 5 (não formas pão-de-açúcar)		2.5.x	1
Muro nº 2 (não formas pão-de-açúcar)		2.6.x	1
Casa nº 4 (não formas pão-de-açúcar)		3.1.x	2
Casa nº 5		3.2.x	3
Muro nº 1		3.3.x	8
Depósito Cerâmico		3.4.x	9
Muro nº 2		3.5.x	6
Casa do Seixal		3.6.x	1
Total de amostras recolhidas			45

Foram então admitidas amostras para a determinação das análises mineralógica e química, sendo que para ambas as análises se seleccionaram as mesmas amostras e também foram seleccionadas amostras para a determinação das suas resistências à compressão simples. Em algumas amostras conseguiu-se recolher elementos de uma mesmas amostras para os três ensaios.

O ensaio que utiliza a técnica de difração de raios X (DRX) para a análise mineralógica e o ensaio da determinação dos componentes para a análise química, a espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de comprimentos de onda (FRX) necessitam ambos de que a amostra se encontre moída e em pó, por este motivo quando se definia a remoção de uma parte de uma amostra, já se procuravam amostras em que fosse possível remover uma quantidade que servisse ambos os ensaios. Por outro lado, o ensaio de compressão uniaxial necessitava de cumprir requisitos físicos nomeadamente a sua menor dimensão teria de ser aproximadamente de 20 mm bem como ser, depois de cortada a amostra, semelhante a um cubo com essa mesma dimensão mínima. Postos estes pressupostos, a selecção das amostras para cada

um dos grupos de ensaios – compressão; mineralógico e químico – tornou-se mais natural já que nem todas as amostras tinham as características necessárias.

4.1.1 Preparação das amostras para a análise mineralógica

Para se realizar a análise mineralógica nas amostras recolhidas realizou-se o ensaio de difracção de raios X (DRX). Para tal é necessário que a amostra se encontre em pó, como será explicitado adiante. Assim foi necessário homogeneizar as amostras que passou pelo processo de moagem das mesmas.

A moagem das amostras foi conseguida num moinho de bola – moinho da marca *Retsch*, modelo *rmo* (Figura 4.3) – e foram seleccionadas 29 amostras para a realizam desta moagem. A selecção das amostras para este ensaio, como explicitado anteriormente, não foi tão criteriosa como a selecção das amostras para o ensaio da compressão simples. Para estes, apenas se teve em conta uma amostragem semelhante em número entre as amostras de formas pão-de-açúcar e as restantes. Assim para este ensaio e para o ensaio FRX, o ensaio de espectrometria de fluorescência de raios X, prepararam-se 13 amostras de formas e 16 amostras da restante cerâmica, perfazendo as 29 amostras ensaiadas para estas duas análises.

Após a selecção das amostras e antes da sua colocação no moinho de bola, foi necessário fragmentar essas mesmas amostras manualmente já que não seria possível ao moinho fazer todo o processo de fragmentação. Deste modo, antes de se colocar todas as amostras, uma a uma, no moinho, foi necessário, com recurso a um martelo e uma placa metálica fragmentar de grosso modo todas as amostras como explicita a Figura 4.4.



Figura 4.3 - Moinho de bola - *Retsch rmo*



Figura 4.4 - Fragmentação manual a partir da amostra recolhida

Depois de se conseguir um ou vários fragmentos da totalidade da amostra, os mesmos eram colocados num saco e procedia-se de novo à fragmentação manual. Através de impactos sucessivos com o martelo, o fragmento das amostras transformava-se em múltiplos fragmentos de muito menores dimensões e como se encontravam dentro de um saco não se perdia amostragem (Figura 4.5).



Figura 4.5 - Amostras em processo de fragmentação manual

Quando atingiam uma dimensão razoavelmente menor (Figura 4.6 (a)) através de uma simples análise visual, eram então colocados no moinho de bola até os fragmentos se transformarem em pó (Figura 4.6 (b)). A duração média que cada amostra passava no moinho era de cerca de 2 minutos e atingia o aspecto perceptível na Figura 4.6 (b). Eram então colocadas em sacos devidamente identificados e já dentro do saco, pelo toque era perceptível se a sua moagem tinha sido bem conseguida. Caso não o tivesse sido, a amostra era colocada no moinho de bola novamente, moía mais alguns segundos e voltava a ser colocada no saco da respectiva amostra.



Figura 4.6 - Amostra antes (a) e depois (b) da moagem

Após os cerca de dois minutos de funcionamento do moinho, a amostra em pó era passada para uma folha de papel totalmente limpa pois cada folha era utilizada em apenas duas amostras (frente e verso) para não existir contaminação de uma amostra na amostra seguinte (Figura 4.7 (a)), posteriormente passada para uma nova embalagem (Figura 4.7 (b)), identificada exteriormente a marcador permanente e em uma pequena etiqueta no seu interior a lápis para não contaminar a amostra (Figura 4.7 (c)).



Figura 4.7 - Processo de acondicionamento de cada amostra (a), (b) e (c)

O processo foi repetido várias vezes até se conseguir realizar em todas as amostras, algumas delas bastante distintas entre si como mostra a Figura 4.8.



Figura 4.8 - Diferentes amostras já acondicionadas e identificadas

4.1.2 Preparação das amostras para a análise química

A análise química às amostras que foram sujeitas a esta mesma análise decorre do ensaio de espectrometria de fluorescência de raios X (FRX). Para a realização do ensaio FRX foi então necessário, tal como para o ensaio DRX a fragmentação de todas as amostras. À data da realização da fragmentação das amostras para o ensaio DRX, foram moídas quantidades necessárias para se realizar também o ensaio FRX das amostras selecionadas para esta primeira análise. Essa mesma quantidade revelou-se insuficiente pelo que para a realização do ensaio FRX foi então necessário, não só acrescentar uma maior quantidade de todas as amostras moídas anteriormente no moinho de bola como passar toda a quantidade de amostra por um moinho de argolas como ilustra a Figura 4.9.



Figura 4.9 - Moinho de argolas - *Retsch RS1*

O processo de preparação foi então semelhante ao processo descrito anteriormente: fragmentação manual com recurso ao martelo, fragmentação no moinho de bola, moagem do moinho de argolas (Figura 4.10) e identificação das amostras em embalagens individuais e devidamente acondicionadas e identificadas.

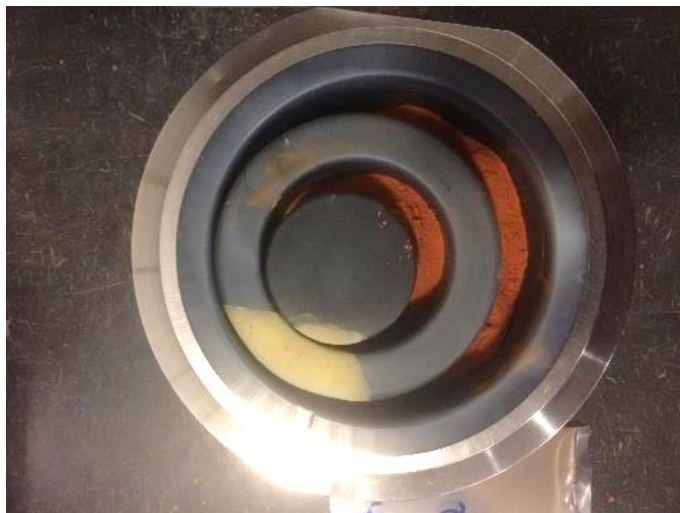


Figura 4.10 - Moagem no moinho de argolas

4.1.3 Preparação das amostras para o ensaio dinâmico de compressão uniaxial

A preparação das amostras para o ensaio dinâmico de compressão uniaxial iniciou-se com a selecção das amostras. Esta selecção realizou-se antes da selecção das amostras para os ensaios DRX e FRX já que tinha necessidades e índices a cumprir mais restritos do que os ensaios anteriormente mencionados. Antes de tudo, e consultando o planeamento do processo do fim para o principio, sabia-se que as amostras a ensaiar teriam de ser cubos e que a medida de lado teria de ter o valor mínimo de 20 mm, só salvo raras excepções poderia ter um valor inferior. Procurou-se então a principal característica que todas as amostras sujeitas a este ensaio de compressão teriam de ter que era a sua menor dimensão. Por este motivo, iniciou-se por aqui a selecção das amostras e todas elas teriam de cumprir o valor mínimo de 20 mm para poderem ser ensaiadas à compressão uniaxial. Uma outra característica igualmente importante era a forma das amostras já que para se tornarem posteriormente cubos a ensaiar, não poderiam ser demasiadamente côncavas, característica esta transversal a todas as amostras recolhidas de antigas formas pão-de-açúcar e que por este mesmo motivo dificultou bastante a selecção.

Com estes pressupostos bem delineados seleccionaram-se então 5 amostras de elementos que não eram de formas pão-de-açúcar e outras 5 amostras de formas pão-de-açúcar. A selecção das amostras que não eram de formas pão-de-açúcar foi bastante fácil já que existiam vários elementos que reuniam facilmente as características mínimas necessárias. O mesmo não se passou com os cacos cerâmicos das formas já que, como referido anteriormente, eram todas elas côncavas e para acrescer a esta problemática, grande parte das mesmas não tinham a espessura mínima exigida. Ainda assim conseguiu-se reunir 5 amostras deste espólio cerâmico e igualou-se em número as amostras do restante espólio cerâmico, o espólio das amostras não formas pão-de-açúcar.

Depois da criteriosa selecção das amostras procedeu-se ao corte das mesmas. O corte das amostras cerâmicas foi realizado pela Assistente Técnico Maria Manuela, que depois de ter consigo as amostras, a responsável pelo Laboratório de Materiais, procedeu ao corte das mesmas como ilustra a Figura 4.11.



Figura 4.11 - Corte das amostras cerâmicas - Máquina de corte *DeWALT*

As amostras, como referido anteriormente, deveriam ter um valor mínimo de 20 mm na sua menor dimensão e apesar deste pressuposto ser importante para os resultados futuros do ensaio de compressão simples, nem sempre foi possível obter amostras com essa mesma dimensão mínima, sendo que os valores nunca foram muito distantes do valor de referência. Como ilustra a Figura 4.12, a maior dificuldade de obter algumas amostras a ensaiar a partir de uma amostra inteira recolhida *in-situ*, revelou-se como espectável nas amostras pertencentes a antigas formas pão-de-açúcar. Apesar disso conseguiu-se sempre obter mais que um elemento de cada amostra para o ensaio de compressão dinâmico.



Figura 4.12 - Algumas amostras já cortadas

Após a realização do corte de todas as amostras seleccionadas, cada amostra cortada foi embalada e devidamente identificada para minimizar o risco de troca de amostras que posteriormente levaria a valores trocados no ensaio de compressão simples. Assim à medida que cada amostra era cortada era embalada e após todos os cubos e restante material de uma amostra estar recolhido na respectiva embalagem é que se procedia ao corte da amostra seguinte (Figura 4.12).

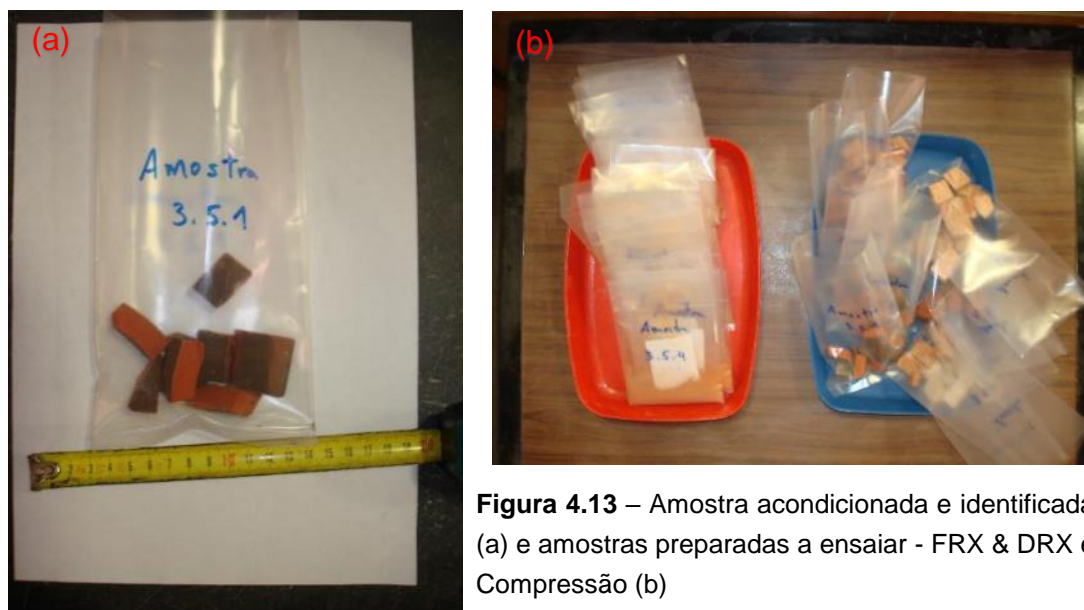


Figura 4.13 – Amostra acondicionada e identificada (a) e amostras preparadas a ensaiar - FRX & DRX e Compressão (b)

Assim todas as amostras foram tratadas e acondicionadas para os ensaios futuros. A Figura 4.13 mostra todas as amostras preparadas a serem ensaiadas futuramente bem como a Tabela 4.2 e a Tabela 4.3 mostram as amostras das formas pão-de-açúcar e as amostras dos restantes espólios que foram expostas aos diferentes ensaios explicitados no subcapítulo seguinte.

Tabela 4.2 - Amostras não formas pão-de-açúcar sujeitas a ensaios

Localização das amostras		Designação	Ensaios Realizados	
			DRX e FRX	Compressão
Casa nº 2		1.1	X	
		1.2	X	
		1.3	X	X
		1.4	X	X
Casa nº 3	fogo 1	2.1.1	X	
	fogo 2	2.2.1	X	
		2.2.2	X	
		2.2.3	X	
		2.2.4	X	X
		2.2.5		
	fogo 3	2.3.1	X	
		2.3.2	X	
	fogo 4	2.4.1	X	
		2.4.2		
Casa nº 5 (não formas pão-de-açúcar)		2.5.1	X	
Muro nº 2 (não formas pão-de-açúcar)		2.6.1	X	
Casa nº 4 (não formas pão-de-açúcar)		3.1.1	X	X
		3.1.2	X	X

Tabela 4.3 - Amostras formas pão-de-açúcar sujeitas a ensaios

Localização das amostras	Designação	Ensaio Realizados	
		DRX e FRX	Compressão
Casa nº 5	3.2.1	X	
	3.2.2		
	3.2.3	X	
Muro nº 1	3.3.1	X	
	3.3.2	X	
	3.3.3	X	X
	3.3.4	X	
	3.3.5		
	3.3.6		X
	3.3.7		
	3.3.8		
Depósito Cerâmico	3.4.1	X	
	3.4.2		
	3.4.3		X
	3.4.4		
	3.4.5	X	
	3.4.6		X
	3.4.7	X	
	3.4.8		
	3.4.9		
Muro nº 2	3.5.1	X	X
	3.5.2	X	
	3.5.3		
	3.5.4	X	
	3.5.5		
	3.5.6		
Casa do Seixal	3.6.1	X	

4.2 Análise mineralógica por difratometria de raios X

Em 1895 o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobriu os raios X. Esta radiação electromagnética é da mesma natureza que a radiação que compõem a luz branca, a radiação visível ao olho humano. A radiação X goza de propriedades importantes: penetra em matéria opaca à luz visível; activa emulsões fotográficas e alvos fluorescentes; não é afectada por campos eléctricos ou magnéticos; é reflectida, difractada, refractada e polarizada; tem acção sobre células vivas; é absorvida diferencialmente pela matéria, entre outras características. As grandes diferenças entre as propriedades do raios X e a radiação visível são resultado da grande diferença entre o comprimentos de onda entre estas duas gamas da radiação, já que os comprimentos de onda dos raios X são cerca de 1000 vezes menores que os comprimentos de onda da luz visível (Terroso, 2005).

Por outro lado, a análise por DRX é uma técnica baseada na difração de raios-X que permite determinar as características estruturais e geométricas de minerais cristalinos. É uma técnica de análise bastante versátil e de rápida execução que tem como ponto forte o facto de fornecer informações claras e

pormenorizadas em relação à quantificação e caracterização do material em análise já que este comprimento de onda assim o permite.

A base desta análise fundamenta-se na Lei de Bragg (equação (4.1)) onde um feixe monocromático de raios-X, com determinado comprimento de onda (λ), incide sobre os vários compostos da amostra refletindo a radiação com um determinado ângulo (θ) referente a cada plano do cristal. Como cada cristal e respetiva estrutura cristalina refletem a radiação de forma singular, como se de uma impressão digital se tratasse, é possível a sua identificação (A. Dias, 2015; Grilo, 2013).

$$2 \times d \times \sin \theta = n \times \lambda \quad (4.1)$$

d é a distância entre planos reticulares específica de cada substância [nm], θ é o ângulo de incidência do feixe de raios X [°], n é um número inteiro que define a ordem dos raios X difractados e λ é o comprimentos de onda do raio X [Å] (Figura 4.14).

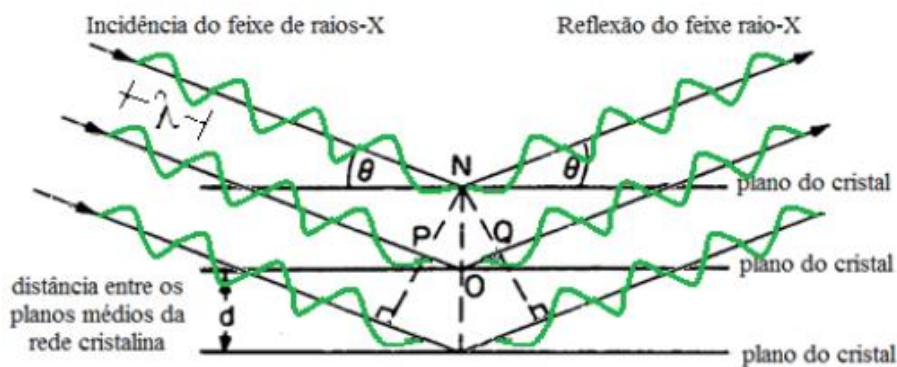


Figura 4.14 - Difração de raios X por uma amostra cristalina
(retirado de: Grilo, 2013)

A implementação da realização da análise DRX em elementos cerâmicos tem como objectivo determinar os constituintes minerais e as fases cristalinas presentes na matriz argilosa e nos elementos não plásticos, mais ou menos grosseiros que constituem o corpo cerâmico, análise esta fundamental nesta investigação. Segundo Triães, (2016) a técnica de difracção de raios-X (DRX) tem permitido obter um conjunto de informações quanto à qualificação, caracterização e quantificação dos minerais – através da sua estrutura cristalina – presentes numa amostra de cerâmica. A maior dificuldade encontrada nesta análise de cerâmicas por DRX é na interpretação dos difractogramas, já que por norma as amostras são mineralogicamente muito complexas, apresentando múltiplos picos de difracção, que pela sua proximidade podem dificultar a identificação do ou dos minerais que se difractaram nesse intervalo. Por outro lado, a análise por DRX não providencia nenhuma informação sobre a origem dos minerais (se são naturais ou foram adicionados no momento de fabrico dos objectos) ou sobre a forma e dimensão das partículas.

Em resultado da difracção originam-se diagramas que diferem de mineral para mineral, dependendo as suas características da equidistância dos planos cristalinos do material. Todos os planos reticulares dos cristais são revelados nos diagramas, no entanto são os planos basais os de maior interesse para a identificação das espécies minerais argilosas em virtude de se conhecer rigorosamente o seu espaçamento. Neste método utiliza-se um detector muito sensível aos raios X para receber a radiação difractada. O detector é montado sobre o braço móvel de um goniómetro ligado ao porta-amostras por um sistema de engrenagens que comunica ao detector uma velocidade angular dupla da do porta-amostras.

Desta maneira efectua-se automaticamente a focalização da radiação difractada. Um conjunto de fendas próprias permite limitar a divergência vertical e angular da radiação incidente e da difractada (Figura 4.15).



Figura 4.15 – Esquema de um difractómetro de fonte linear

(retirado de: Terroso, 2005)

Os registos difractométricos ou difractogramas traduzem directamente a intensidade das riscas de difracção, os picos, em função do ângulo de difracção 2θ . Nos programas de medida, feitos pelo utilizador, são definidos os parâmetros instrumentais e condições de medida, tais como, ângulo 2θ inicial e final do varrimento, comprimento de onda da radiação, selecção da altura de impulsos, tipo de varrimento (contínuo ou passo a passo), velocidade de varrimento, constante de tempo, escala de registo e velocidade do papel de registo. Assim, nos difractogramas pode-se obter, caso a amostra fosse constituída pelos espécimes na Figura 4.16, as fases presentes (pela posição dos picos); a concentração das fases (pela altura dos picos); conteúdo amorfo (background) e a dimensão dos cristais (pela largura dos picos).

Relativamente ao trabalho efectivamente realizado, a quantidade da toma das amostras analisadas foi constante e efectuaram-se registos difractométricos entre 2° e 60° (2θ) dos quais se retiraram informações qualitativas. Os registos obtidos permitiram identificar os minerais argilosos, os minerais não argilosos e proporcionar informações sobre os teores maiores e menores desses minerais. O método analítico utilizado nos estudos realizados foi o método das poeiras cristalinas, sendo gráfico o modo de registo (técnica de difractometria de pós) (Terroso, 2005). Os difractogramas obtidos foram interpretados com base nos ficheiros do JCPDS (Joint Committee for Powder Diffraction Standards) que contém dados estruturais retirados de difractogramas de mais de 2000 espécies minerais padrão. Entre esses dados constam os valores de dhkl correspondentes às diversas difracções ou reflexões, dispostos por ordem decrescente de valor, bem como as intensidades correspondentes às difracções, para além de outros dados informativos (Gomes, 1990). Também foram utilizadas as tabelas do livro editado por Brindley e Brown (1980) para identificação complementar dos difractogramas.

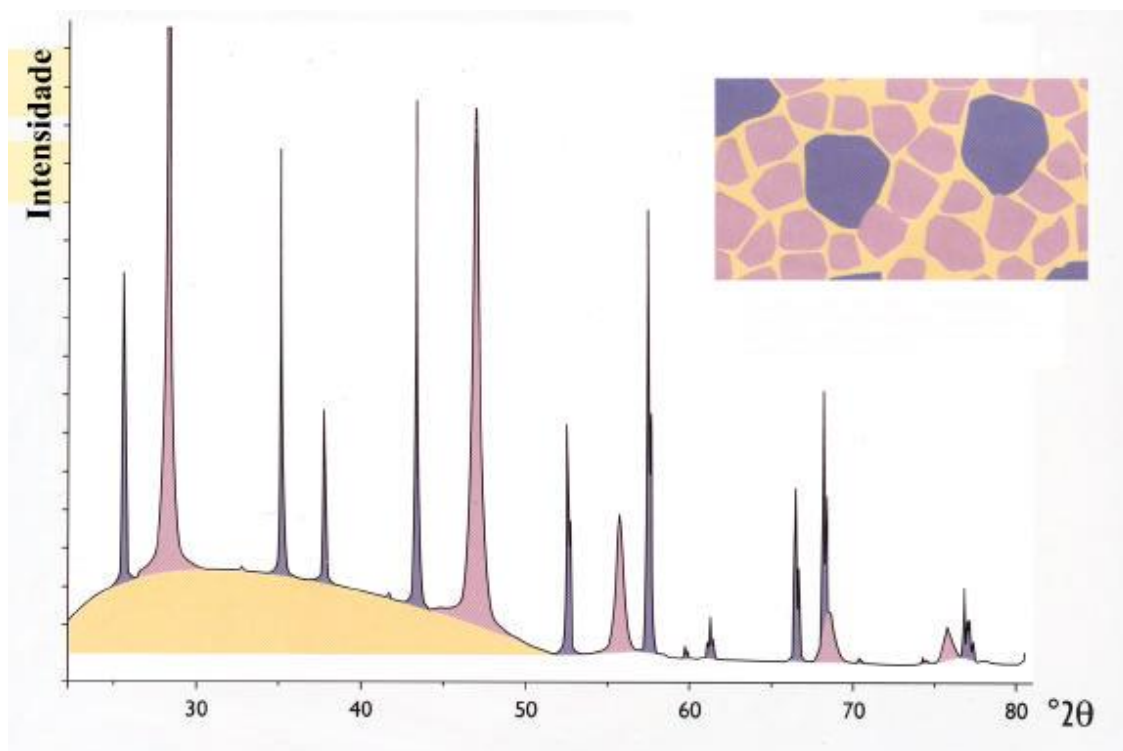


Figura 4.16 – Esquema de um difractograma
(retirado de Terroso, 2005)

A análise recaiu sobre a análise de agregados não orientados (ano). Para esta análise, teve-se em conta a máxima dimensão da fracção ($< 0,063$ mm) que foram preparados para todas as amostras de agregados não orientados como a seguir se descreve: é retirada uma pequena porção de amostra (cerca de 1 g) previamente desagregada suavemente num almofariz de bola (de forma a não alterar a granulometria), de seguida a amostra é colocada no porta-amostras “standard” de alumínio, de base móvel, do difractómetro de raios X comprimindo levemente o pó para não ser conferida uma orientação preferencial aos cristais. Para a obtenção dos difractogramas da fracção $< 0,063$ mm utilizou-se um difractómetro *Philips X’Pert* constituído por um gerador *MPPC*, um goniómetro *PW 3050*, um microprocessador *PW 3040/60* com registo em impressora.

4.3 Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X

As análises químicas de cerâmicas arqueológicas têm como finalidade determinar a composição elementar dos corpos cerâmicos. Os resultados destas análises proporcionam importantes informações para a caracterização das cerâmicas, embora insuficientes por si só, se as características cristaloquímicas das espécies minerais presentes, bem como as suas quantidades relativas, não forem conhecidas. Por isso mesmo, os resultados obtidos através das análises químicas devem ser analisados em paralelo com resultados provenientes de outras técnicas (Gomes, 1988), neste caso de estudo, em paralelo com os desenvolvimentos da análise DRX.

A espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) foi a técnica utilizada para proporcionar a análise quantitativa dos químicos maiores, menores e traço que possuam número atómico superior a nove ($Z > 9$) em concentrações compreendidas entre 100% e poucos ppm. Esta análise assenta teoricamente no efeito da absorção fotoelétrica, que se traduz do seguinte modo: todos os elementos químicos presentes num

espécime, são excitados por um feixe policromático de raios X primários com determinadas energias, emitindo radiações secundárias ou de fluorescência. Estas radiações são dispersas por cristais analisadores ou dispersores de modo que as radiações secundárias dos elementos possam ser resolvidas e depois captadas por detectores do tipo proporcional e cintilações (Gomes, 1988) (Figura 4.17). Por fim, é necessário estabelecer a correlação das intensidades medidas com os teores dos elementos químicos presentes (Andrade, 1990).

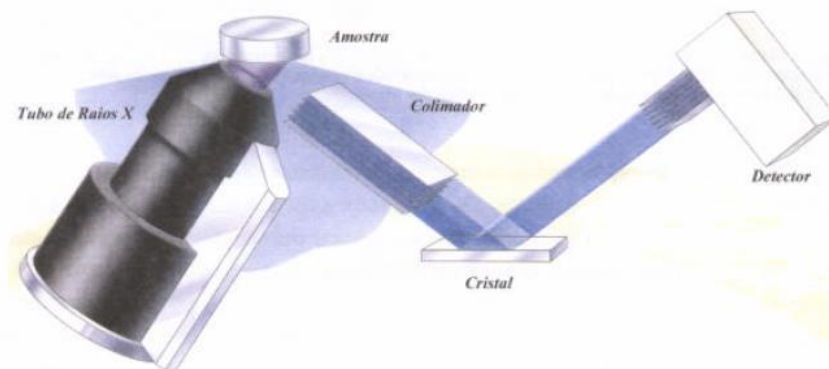


Figura 4.17 - Componentes principais de um espectrómetro de Fluorescência de Raios X (retirado de: Reis, 2005).

Para a realização da análise por FRX é então necessário excitar os elementos constituintes da amostra, incidindo sobre a mesma um feixe de fótons, electrões ou prótons de elevada energia. Essa incidência de energia fará com que haja emissão de radiação características que levará à identificação e selecção das riscas características dos elementos em questão, procedendo-se também à medição da sua intensidade através da detecção dos fótons emitidos. Por último, converte-se a intensidade das riscas de emissão em concentração elementar através de um processo de calibração que passa pelo relacionamento da sua intensidade com a concentração, sendo esta relação linear num intervalo limitado de concentração. Outro factor a ter em consideração é o poder pouco penetrante dos raios X (1-1000 μm), pelo que a amostra deve ser plana e homogénea em toda a sua espessura (Jenkins, R. et al., 1981).

Na FRX o espécime a analisar tem um movimento de rotação sobre si mesmo com o qual é satisfeita a condição geométrica de difusão ou difracção (Andrade, 1990). Segundo este autor, a FRX permite a obtenção de informação sobre a composição química qualitativa e quantitativa dum material. A análise de um espécime por FRX necessita de uma grande homogeneização no que respeita à distribuição das espécies químicas. Assim o espécime deve ser finamente moído (granularidade em média inferior a 50 μm) e prensado o pó obtido - pastilha prensada, ou fundido o pó obtido com o auxílio de fundente adequado - disco fundido.

Neste tipo de análise faz-se a comparação entre a informação retirada do espécime-problema e a informação retirada de espécimes de referência, tendo em conta que:

$$\frac{I_{sp}}{I_{sr}} = K \times \frac{C_{sp}}{C_{sr}}$$

(4.2)

I_{sp} é a intensidade da risca do espectro do espécime-problema, característica de determinada espécie química, I_{sr} é a intensidade da risca do espectro do espécime-referência, característica da mesma espécie

química, K é uma constante, C_{sp} é a concentração da espécie química no espécime-problema e C_{sr} é a concentração da mesma espécie química no espécime-referência (Terroso, 2005).

4.4 Resistência mecânica à compressão uniaxial

Para a determinação da resistência mecânica à compressão do espólio em laboratório foi feito um ensaio de compressão uniaxial. Esse ensaio, realizado no laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro foi realizado sob a alçada da técnica do LabCIVIL, a Engenheira Maria Carlos Figueiredo e segundo a norma de ensaio EN 1015-11:1999/A 1:2006-en (IPQ., 2007). Foi utilizada uma máquina universal de ensaios da marca *Shimadzu* sendo o seu modelo o *AG-IC 100 kN* que apresenta os resultados obtidos em tempo real num computador em comunicação em continuado com a máquina universal de ensaios (Figura 4.18).



Figura 4.18 - *Shimadzu AG-IC 100 kN*

A norma utilizada, a norma EN 1015-11 de 1999 adaptada em 2007, é a norma utilizada em argamassa endurecida para a determinação da resistência à compressão simples da mesma. A partir dos métodos aplicados aos provetes de argamassa realizou-se uma adaptação da norma para se realizar o ensaio nos provetes cerâmicos em estudo já que os elementos cerâmicos são bastante mais semelhantes a argamassa endurecida do que a rochas pelo que se realizou a adaptação referida anteriormente.

Primeiramente foi seleccionado o software do modo de ensaio de compressão simples e optou-se por fazer um teste inicial com um aumento de compressão uniaxial de 50N por segundo, que se revelou pouco compressivo no tempo útil. Alterou-se os dados do software e duplicou-se o valor de compressão por segundo e os ensaios decorreram com valor de compressão a aumentar 100N/s já que se conseguiam obter valores de compressão em que a ruptura acontecia antes de 90 segundos.

O ensaio decorreu então com uma cédula de carga de 100 kN para comprimir as amostras com 20x20 mm² de secção, aproximadamente, até à ruptura. O contacto entre o provete e o suporte aconteceu sempre colocando pequenas chapas metálicas de dimensão quadrada de 20x20 mm² para obter os resultados o mais uniformes quanto possível. Colocaram-se então os vários exemplares cortados de cada uma das amostras seleccionadas anteriormente para este ensaio e iniciou-se repetidamente a compressão uniaxial

sobre eles como ilustra a Figura 4.19 (a) e (b) até à ruptura, onde termina o ensaio de cada uma das amostras.

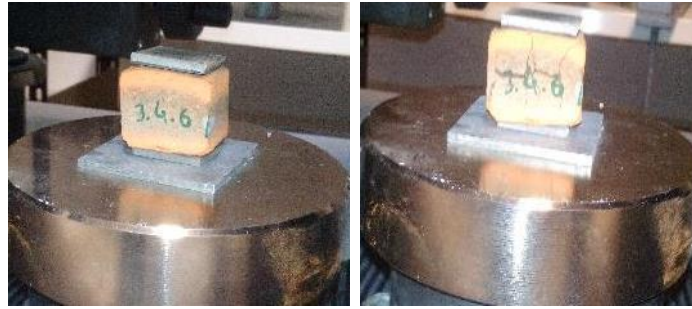


Figura 4.19 - Amostra antes (a) e depois (b) de ensaiada à compressão simples

Enquanto a carga é aplicada, o software constrói um gráfico com a força [N] em função do deslocamento [mm] e regista a força máxima (F_c), valor obtido no instante em que o provete atinge a ruptura. Uma vez registada a força de ruptura, a resistência à compressão (R_c , em MPa) é calculada pelo quociente de F_c pela área (em mm²) de compressão, apresentada na equação (4.3):

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad [MPa] \quad (4.3)$$

Estes dados serão apresentados e analisados nos capítulos seguintes respectivamente.

5. Exposição e discussão dos resultados

No presente capítulo serão apresentados os resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados que caracterizaram o espólio cerâmico recolhido, sendo a análise crítica sobre os mesmos exposta seguidamente. Serão apresentados os resultados do ensaio de difratometria de raios X que levará à concretização de uma análise mineralógica das amostras em laboratório, do ensaio de espectrometria de fluorescência de raios X que levará à análise química desses mesmos elementos bem como serão apresentados os valores de resistência à compressão das amostras ensaiadas para o efeito. Deste modo seguem os três subcapítulos seguintes que apresentaram os respectivos resultados.

Serão analisados, individualmente por ensaio, os resultados obtidos durante a campanha experimental que permitirá estudar as características mineralógicas e químicas das amostras recolhidas e realizar uma comparação entre as amostras pertencentes a formas pão-de-açúcar ou a outros elementos cerâmicos como tijolos maciços ou telhas. Analisar-se-á ainda os valores obtidos na campanha experimental relacionados com o ensaio de resistência mecânica à compressão uniaxial e confrontar mais uma vez os valores obtidos das amostras das antigas formas pão-de-açúcar com as restantes amostras. Importa realçar, mais uma vez, que os valores obtidos para cada amostra resultam da média de vários provetes, em número por vezes diferentes de amostra para amostra já que as mesmas tinham dimensões diferentes que por vezes não possibilitaram a realização de muitos provetes.

5.1 Análise Mineralógica

Os resultados provenientes da difratometria de raios X levou a resultados relativamente semelhantes uma vez que a génese das amostras é essencialmente a cerâmica vermelha, tal como o seu processo de produção. Assim esperar-se-ia resultados não muito distintos e que as componentes mineralógicas fossem semelhantes entre as amostras disponíveis e utilizadas no ensaio DRX, assim e como revela a Tabela 5.1, foram detectados apenas 10 minerais distintos, o que revela a pouca variação na composição entre todas as amostras.

Tabela 5.1 - Minerais identificados nas diversas amostras

Minerais identificados	Fórmula Química	Designação
Anátase	TiO ₂	A
Calcite	CaCO ₃	C
Dolomite	CaMg(CO ₃) ₂	D
Feldspato Potássico	KAlSi ₃ O ₈	FK
Filossilicatos	Si ₂ O ₅	F
Hematite	Fe ₂ O ₃	H
Ilite	(K,H ₃ O)(Al, Mg, Fe) ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ .(H ₂ O)]	I
Magnetite/Maghemite	Fe ₃ O ₄ (FeO . Fe ₂ O ₃) / Fe ₂ O ₃ , γ-Fe ₂ O ₃	MM
Plagioclase	NaAlSi ₃ O ₈ - CaAl ₂ Si ₂ O ₈	P
Quartzo	SiO ₂	Q

A presença de determinado mineral numa amostra foi resultado da análise realizada pelo autor através de figuras específicas – difractogramas – e únicas para cada amostra e que varia entre todas elas. Como representado na Figura 5.1, cada difractograma tem representações específicas para cada mineral existentes na amostra e que torna única a análise a cada uma das amostras ensaiadas que sumariamente perfaz a Tabela 5.2 como resultado final sintetizado dos minerais existentes em todas as amostras. De realçar que as amostras cujo sombreado é azul são referentes a amostras não pertencentes a formas pão-

de-açúcar e as amostras cujo fundo da tabela se encontra sombreado de verde são relativas a amostras de antigas formas.

Tabela 5.2 - Minerais presentes em cada uma das amostras ensaiadas no DRX

Amostra	Minerais Identificados									
	A	C	D	FK	F	H	I	MM	P	Q
1.1		X		X		X			X	X
1.2	X	X	X	X		X	X	X	X	X
1.3		X	X	X			X	X	X	X
1.4	X	X	X	X		X	X	X	X	X
2.1	X	X	X	X		X		X	X	X
2.2.1		X	X	X				X	X	X
2.2.2	X	X	X	X	X	X	X		X	X
2.4.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.5				X		X		X	X	X
2.6			X	X	X		X	X	X	X
3.1.1		X	X	X	X		X	X	X	X
3.1.2		X	X	X		X		X	X	X
3.2.1	X			X		X			X	X
3.2.3		X	X	X		X			X	X
3.3.1			X	X		X		X	X	X
3.3.2	X			X		X		X		X
3.3.3				X		X				X
3.3.4				X		X				X
3.4.1			X	X					X	X
3.4.5	X	X		X		X		X	X	X
3.4.7			X	X		X				X
3.5.1	X			X		X			X	X
3.5.2				X		X			X	X
3.5.4				X		X			X	X
3.6.1				X		X		X	X	X

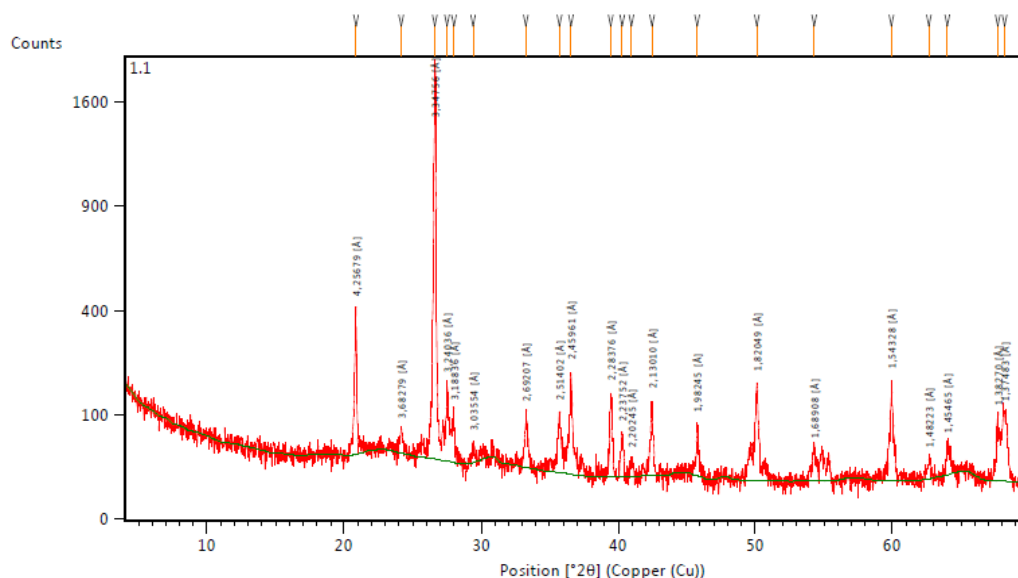


Figura 5.1 - Exemplo de difractograma de uma amostra

A análise mineralógica do ensaio de difractometria de raios X resulta na constatação da transversalidade dos minerais identificados nas diferentes amostras. Apesar de variações nas composições minerais de cada amostra ensaiada, essas mesmas variações são pouco significativas já que da vastíssima panóplia de minerais existentes no planeta Terra, as amostras não apresentam mais que 10 minerais diferentes no conjunto da totalidade das amostras. É ainda perceptível que não existem muitas variações entre a composição mineralógica do espólio cerâmico das formas pão-de-açúcar e a cerâmica restante, mas que apesar disso há alguns factores diferenciadores explicitados de seguida.

O quartzo, na Tabela 5.2 identificado como Q, é transversal e está presente em todas as amostras. Além de ser o mineral que difracta em mais amplitudes (θ [°]) mostrando assim as fases em que esse mineral está presente, consoante a variação do ângulo de incidência do feixe de raios-X, é também o mineral que tem uma maior concentração em todas as amostras sem excepção já que o pico mais elevado em todas elas é pertencente ao quartzo. Tal pode-se justificar pelo facto de ser dos minerais mais abundante na Terra. Existe também um mineral transversal a todas as amostras que apesar de existir em todas elas não é o mais abundante nem o que difracta em mais amplitudes nas amostras analisadas. Trata-se do feldspato potássico, com a nomenclatura FK e que é o mineral mais abundante no planeta.

Existem depois minerais que, apesar de não estarem presentes em todas as amostras, revelam-se na grande maioria delas, são eles a hematite (H) e as plagioclases (P), sendo este último pertencente ao grupo dos feldspatos. A sua inexistência em algumas amostras não revela nenhuma conformidade perceptível pelo que dever-se-á à não detecção por parte do difractómetro já que as amostras foram cozidas e como existem há várias décadas, podem ter perdido algumas das suas características e elementos químicos com a passagem do tempo.

Há ainda minerais que apareceram mais pontualmente em diferentes amostras, mas que são comuns a outras amostras. Como exemplo disso são a anátase (A), a calcite (C), a dolomite (D), os filossilicatos (F), a ilite (I) e a magnetite/maghemite (MM). Sobre estes minerais poderá dizer-se que apesar de só aparecerem pontualmente, estão presentes mais nas amostras cerâmicas não pertencentes à cerâmica do açúcar do que nas amostras das formas pão-de-açúcar, em especial a calcite que aparece em 9 das 12 amostras não formas pão-de-açúcar e em apenas duas amostras da cerâmica do açúcar e ainda que tanto a ilite como os filossilicatos não estão presentes em nenhuma amostra da cerâmica do açúcar.

É possível analisar que a composição mineralógica dos dois grupos é semelhante, ainda assim as amostras das formas pão-de-açúcar revelam a ausência de carbonatos e de filossilicatos, estes últimos incluindo a ilite. Este mesmo grupo tem ainda uma menor tendência a terem mais feldspatos do tipo plagioclases na sua composição do que o grupo comparativo bem como magnetite/maghemite (MM) que apesar de existir nos dois grupos de cerâmicos em comparação é mais tendencioso a surgir na cerâmica das não formas pão-de-açúcar. Tem ainda uma propensão de ter mais hematite (H) na cerâmica do açúcar já que aparece em todas as amostras deste grupo exceptuando a amostra 3.4.1 comparativamente à restante cerâmica.

Estas diferenças evidenciam que as formas de pão-de-açúcar foram produzidas muito provavelmente com matérias-primas dos mesmos depósitos que as restantes amostras. Apesar disso a proveniência dessa matéria-prima foi retirada seguramente de níveis menos carbonatados. Além disso o processo de cozedura da cerâmica do açúcar foi distinto do processo da restante cerâmica já que a destruição dos filossilicatos, incluindo a ilite, traduz-se por um processo de cozedura a uma temperatura mais elevada do forno. Essa temperatura, próxima dos 1000 °C justifica esse mesmo não aparecimento mineralógico nas amostras da cerâmica das formas pão-de-açúcar, auxiliada pela tendência de ter mais hematite.

5.2 Análise Química

Tal como explicitado anteriormente, a análise química passou pela análise quantitativa dos elementos químicos maiores, menores e traço que possuam número atômico superior a nove ($Z > 9$) em concentrações compreendidas entre 100% e poucos ppm. Assim, os teores considerados na análise química aos elementos maiores foram os explicitados na tabela seguinte (Tabela 5.3):

Tabela 5.3 - Elementos químico maiores presentes nas amostras

Minerais identificados	Fórmula Química	Minerais identificados	Fórmula Química
Flúor	F	Óxido de Manganês	MnO
Óxido de sódio	Na ₂ O	Óxido de Ferro (III)/Hematite	Fe ₂ O ₃
Óxido de Magnésio	MgO	Rubídio	Rb
Óxido de Alumínio	Al ₂ O ₃	Estrôncio	Sr
Dióxido de Sílica	SiO ₂	Zircônio	Zr
Óxido de Fósforo (III)	P ₂ O ₅	Bário	Ba
Óxido Sulfúrico	SO ₃	Vanádio	V
Cloro	Cl	Crômio	Cr
Óxido de Potássio	K ₂ O	Chumbo	Pb
Óxido de Cálcio	CaO	Perda ao Rubro (Loss On Ignition)	LOI
Dióxido de Titânio	TiO ₂		

E apresentam as seguintes percentagens de cada elemento nas amostras seguintes (Tabela 5.4):

Tabela 5.4 - Composição química das amostras relativas aos elementos maiores (%)

Amostra	F (%)	Na2O (%)	MgO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	P2O5 (%)	SO3 (%)	Cl (%)	K2O (%)	CaO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	Fe2O3 (%)	Rb (%)	Sr (%)	Zr (%)	Ba (%)	V (%)	Cr (%)	Pb (%)	LOI (%)
1.1	nd	1,300	2,190	13,381	67,333	0,249	0,044	0,038	3,207	2,202	0,873	0,144	7,861	0,017	0,017	0,045	0,031	0,009	0,021	QMenores	0,990
1.2	nd	1,099	0,780	26,806	58,524	0,050	0,064	0,789	3,268	0,732	0,966	QMenores	4,707	0,016	QMenores	0,035	0,037	0,010		0,011	2,050
1.3	nd	0,644	0,680	28,066	59,236	0,038	0,212	0,090	3,313	0,936	0,966	QMenores	3,273	0,016	QMenores	0,030	0,036	QMenores		0,006	2,400
1.4	nd	0,583	0,699	28,063	58,365	0,042	0,482	0,035	3,447	1,100	0,994	QMenores	3,566	0,017	QMenores	0,030	0,037	QMenores		0,009	2,450
2.1	0,157	0,816	4,910	18,467	57,369	0,122	0,163	0,134	5,668	3,883	0,701	0,046	5,156	0,035	0,013	0,024	0,049	QMenores		0,007	2,240
2.2.1	0,163	2,088	2,596	20,032	54,830	0,111	0,325	1,629	4,791	3,810	0,686	0,027	4,432	0,030	0,017	0,025	0,039	QMenores		0,009	4,330
2.2.2	0,094	0,461	4,101	16,947	44,070	0,105	0,113	0,045	3,662	19,512	0,770	0,045	4,438	0,017	0,061	0,028	0,031	0,010	0,010	0,026	5,410
2.2.3	nd	0,565	1,065	22,507	61,255	0,124	0,049	0,042	3,261	2,915	0,935	QMenores	3,832	0,016	0,019	0,035	0,033	QMenores			3,270
2.2.4	nd	0,751	0,645	21,622	62,79	0,062	0,433	0,027	3,678	0,597	0,956	QMenores	5,959	0,019	QMenores	0,038	0,042	QMenores			2,310
2.3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.2	0,153	0,429	1,911	19,772	63,142	0,249	0,048	0,027	4,420	0,264	0,777	0,024	6,179	0,029	QMenores	0,038	0,035	QMenores		0,006	2,440
2.4.1	nd	1,016	0,701	29,706	53,123	0,071	0,099	0,874	3,674	1,055	0,878	QMenores	5,01	0,020	QMenores	0,025	0,032	0,012			3,620
2.5	nd	0,376	1,894	19,413	65,187	0,073	0,097	0,042	4,253	0,266	0,901	0,019	6,281	0,028	QMenores	0,032	0,041	QMenores			1,030
2.6	nd	0,655	0,663	24,093	63,763	0,052	0,018	0,174	3,558	0,676	0,951	QMenores	3,060	0,020	QMenores	0,030	0,040	0,013		0,006	2,140
3.1.1	nd	0,290	0,956	27,226	60,917	0,180	0,039	nd	3,502	0,986	0,927	QMenores	2,106	0,018	QMenores	0,031	0,043	0,015		0,008	2,660
3.1.2	nd	0,445	0,811	23,689	63,760	0,052	0,010	0,006	3,773	0,500	0,943	QMenores	4,287	0,020	QMenores	0,027	0,043	0,015		0,008	1,530
3.2.1	nd	0,389	1,852	18,541	63,449	0,063	0,020	0,011	4,489	0,230	0,762	0,014	5,341	0,031	QMenores	0,033	0,034	QMenores		0,005	4,680
3.2.3	0,124	0,522	3,164	18,745	60,861	0,486	0,049	0,019	5,316	2,999	0,675	0,059	5,241	0,035		0,024	0,036				1,590
3.3.1	nd	0,416	2,083	19,313	65,214	0,109	0,026	0,006	4,889	0,521	0,783	0,017	5,473	0,034		0,027	0,026				0,980
3.3.2	nd	0,403	1,987	20,173	62,725	0,079	0,025	0,014	5,105	0,300	0,778	0,021	7,266	0,037		0,028	0,035				0,920
3.3.3	0,046	0,331	1,961	19,432	63,292	0,070	0,028	nd	4,800	0,252	0,883	0,020	7,815	0,035		0,031	0,035				0,880
3.3.4	0,106	0,422	2,242	20,154	62,738	0,060	0,105	0,114	5,138	0,560	0,749	0,020	6,779	0,035		0,026	0,035				0,630
3.4.1	0,053	0,362	2,219	19,892	63,178	0,081	0,02	0,012	5,383	0,638	0,843	0,03	6,36	0,040	QMenores	0,036	0,032	QMenores			0,740
3.4.5	nd	0,537	2,357	18,611	64,558	0,059	0,046	0,009	5,14	0,769	0,839	0,033	5,905	0,036	QMenores	0,062	0,033	QMenores			0,920
3.4.7	nd	0,571	2,149	17,881	65,955	0,074	0,016	nd	4,917	0,624	0,977	0,025	5,815	0,033	QMenores	0,094	0,033	QMenores			0,750
3.5.1	nd	0,387	1,874	18,226	65,237	0,144	0,169	0,009	4,685	0,391	0,818	0,024	6,914	0,035		0,042	0,038				0,920
3.5.2	nd	0,382	1,716	19,853	63,131	0,086	0,109	0,032	4,575	0,247	0,856	0,019	7,924	0,032		0,030	0,029				0,890
3.5.4	nd	0,404	1,832	18,191	65,452	0,125	0,030	0,010	4,736	0,338	0,822	0,021	6,965	0,035		0,043	0,042				0,870
3.6.1	nd	1,417	2,122	19,188	60,206	0,053	0,050	1,942	5,298	0,484	0,772	0,017	6,989	0,039		0,028	0,036				1,270

No que toca aos elementos menores considerados, foram os seguintes: Sc (escândio), V (vanádio), Cr (cromio), Mn (mangânese), Co (cobalto), Ni (níquel), Cu (cobre), Zn (zinco), Ga (gálio), Ge (germânio), As (arsênio), Se (selênio), Br (bromo), Sr (estrôncio), Y (ítrio), Nb (nióbio), Mo (molibdênio), Ag (prata), Cd (cádmio), Sn (estanho), Sb (antimônio), Te (telúrio), I (iodo), Cs (césio), La (lantânio), Ce (cério), Nd (neodímio), Sm (samário), Yb (itérbio), Hf (háfio), Ta (tântalo), W (tungstênio), Tl (tálio), Pb (chumbo), Bi (bismuto), Th (tório) e U(urânio), expostos na Tabela 5.5 e Tabela 5.6.

Tabela 5.5 – Composição Química das amostras relativas aos elementos menores (ppm) – Parte I

Amostra	Sc	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Sr	Y	Nb	Mo	Ag
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
1.1	9,1				9,2	25,6	16,1	67,1	12,7	ND	12,2	ND	1,1		27,6	15,7	1,0	ND
1.2	12,6	QMaiores	94,0	65,1	ND	14,2	17,5	37,6	27,9	ND	21,5	ND	11,7	68,6	28,1	19,0	1,4	ND
1.3	14,2	98,0	88,7	58,9	ND	14,5	21,2	27,9	29,7	ND	17,6	ND	13,0	90,9	32,7	20,7	1,2	ND
1.4	14,0	98,4	89,3	55,6	ND	14,3	21,9	29,3	30,2	ND	17,5	ND	8,5	81,5	33,1	20,7	0,9	ND
2.1	7,7	54,9	49,0	QMaiores	7,2	16,5	12,8	29,0	21,7	ND	8,9	ND	13,1	QMaiores	17,9	19,2	1,1	ND
2.2.1	9,1	53,6	45,5	QMaiores	ND	14,4	12,7	34,9	21,9	ND	14,7	ND	16,1	QMaiores	16,9	17,7	1,2	ND
2.2.2	21,8				11,3	34,3	34,6	63,2	20,0	ND	8,8	ND	2,2		28,4	15,5	1,3	ND
2.2.3	10,4	79,9	80,9	75,7	ND	9,4	11,7	26,1	23,3	ND	20,4	ND	4,3	QMaiores	23,2	18,9	ND	ND
2.2.4	7,8	89,0	80,5	74,5	ND	7,8	16,0	30,7	23,0	ND	17,6	ND	5,3	62,1	22,4	18,1	1,5	ND
2.3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.2	5,6	52,9	47,5	QMaiores	10,7	17,2	14,8	37,1	22,1	ND	10,1	ND	4,5	63,0	22,5	21,8	0,9	ND
2.4.1	14,1	QMaiores	89,5	67,4	ND	23,8	20,2	81,0	35,3	ND	12,3	ND	15,8	71,4	30,0	18,4	ND	ND
2.5	8,8	87,4	70,9	QMaiores	10,8	22,1	24,5	41,5	21,6	ND	22,3	ND	3,8	66,7	26,2	19,3	ND	ND
2.6	11,3	QMaiores	82,4	61,3	ND	11,3	17,2	26,9	26,9	ND	6,1	ND	4,9	89,0	21,3	21,3	1,0	ND
3.1.1	11,2	QMaiores	89,7	93,5	ND	16,5	14,2	57,1	28,4	ND	4,7	ND	7,0	56,4	25,6	16,1	0,9	ND
3.1.2	10,6	QMaiores	86,7	60,5	ND	12,3	18,4	31,7	27,1	ND	20,0	ND	3,8	77,4	21,8	19,8	0,8	ND
3.2.1	6,2	54,8	48,9	QMaiores	7,3	13,9	9,4	31,6	22,2	ND	8,8	ND	2,9	67,6	21,8	21,9	ND	ND
3.2.3	8,9	55,3	48,0		10,2	18,9	11,2	36,2	23,0	ND	16,2	ND	6,4	97,6	28,7	18,7	0,8	ND
3.3.1	6,3	59,9	47,7		7,6	14,7	10,4	32,9	21,9	ND	14,9	ND	6,3	71,1	20,7	20,8	1,1	ND
3.3.2	8,8	71,3	55,4		8,2	19,5	14,8	40,7	25,1	ND	18,5	ND	7,8	76,6	21,3	21,5	0,9	ND
3.3.3	7,6	84,6	70,2		9,0	20,6	16,9	47,2	24,0	ND	15,1	ND	8,5	70,9	24,2	23,1	1,1	ND
3.3.4	7,8	65,8	59,5		11,3	18,8	13,6	39,2	24,5	ND	12,9	ND	8,7	77,1	26,9	21,6	0,9	ND
3.4.1	7,8	50,9	60,5	QMaiores	10,9	18,1	9,6	32,7	22,8	ND	34,1	ND	1,3	82,2	23,6	21,9	ND	ND
3.4.5	5,9	53,0	54,5	QMaiores	7,4	16,6	7,4	29,6	19,7	ND	20,0	ND	1,1	68,3	26,4	20,4	ND	ND
3.4.7	6,3	56,5	59,7	QMaiores	6,4	12,7	14,0	32,8	17,5	ND	16,7	ND	1,0	63,9	31,1	21,1	ND	ND
3.5.1	6,6	59,6	51,2		6,6	15,6	7,2	34,7	22,4	ND	12,9	ND	6,3	72,6	21,6	22,8	ND	ND
3.5.2	8,4	79,3	60,3		9,6	18,8	20,4	47,2	24,5	ND	16,6	ND	20,0	70,7	25,6	22,5	ND	ND
3.5.4	6,2	60,9	49,0		9,1	15,2	10,1	35,5	23,0	ND	16,3	0,9	2,9	71,9	22,4	23,2	0,8	ND
3.6.1	6,7	67,8	58,3		13,5	18,3	20,3	35,8	24,0	ND	15,1	ND	25,4	68,5	22,5	21,6	1,1	ND

Tabela 5.6 – Composição Química das amostras relativas aos elementos menores (ppm) – Parte II

Amostra	Ag (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sb (ppm)	Te (ppm)	I (ppm)	Cs (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Yb (ppm)	Hf (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Ti (ppm)	Pb (ppm)	Bi (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)
1.1	ND	ND	5,6	ND	ND	ND	11,4	27,7	63,9	29,5	ND	ND	ND	ND	ND	2,3	26,4	ND	12,3	3,8
1.2	ND	ND	13,6	ND	ND	ND	19,1	34,1	81,2	37,9	8,8	ND	ND	ND	6,0	ND	46,3	ND	21,6	10,9
1.3	ND	ND	14,5	ND	ND	ND	20,6	44,4	93,5	49,8	10,0	5,7	4,5	ND	ND	2,6	49,0	ND	19,3	7,3
1.4	ND	ND	15,1	ND	ND	ND	19,3	43,9	96,0	46,9	10,1	ND	ND	ND	4,0	2,4	49,7	ND	19,5	7,0
2.1	ND	ND	15,5	ND	ND	ND	29,5	34,6	77,6	34,6	ND	ND	ND	ND	4,1	ND	30,6	ND	17,9	3,9
2.2.1	ND	ND	13,3	ND	ND	ND	19,9	32,2	77,8	33,9	ND	ND	ND	ND	8,2	2,5	44,3	ND	17,9	5,8
2.2.2	ND	ND	10,8	ND	ND	ND	21,6	38,9	82,6	40,5	ND	ND	ND	ND	5,4	ND	QMaiores	ND	15,8	8,6
2.2.3	ND	ND	12,7	ND	ND	ND	15,2	27,6	56,4	26,3	ND	ND	ND	ND	5,5	2,6	42,5	ND	18,0	7,9
2.2.4	ND	ND	13,0	ND	ND	ND	18,1	24,9	53,6	26,3	ND	ND	ND	ND	7,5	2,8	34,6	ND	17,5	7,0
2.3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.2	ND	ND	17,3	ND	ND	ND	23,4	39,6	87,7	33,1	ND	ND	ND	ND	ND	2,2	28,8	ND	20,0	6,5
2.4.1	ND	ND	13,4	ND	ND	ND	27,9	37,7	81,2	40,0	10,7	ND	ND	ND	5,7	2,4	60,7	ND	14,3	10,0
2.5	ND	ND	11,9	ND	ND	ND	18,0	33,4	77,6	34,1	6,7	ND	ND	ND	9,5	3,6	50,9	ND	15,7	6,8
2.6	ND	ND	14,6	ND	ND	ND	17,0	31,4	66,9	33,4	7,0	ND	ND	ND	4,8	2,3	32,3	ND	18,2	4,6
3.1.1	ND	ND	13,9	ND	ND	ND	14,1	29,4	66,4	30,2	6,9	ND	4,2	ND	ND	2,7	47,1	ND	15,6	6,5
3.1.2	ND	ND	13,2	ND	ND	ND	17,4	35,4	74,4	33,4	ND	ND	ND	ND	ND	2,2	33,0	ND	18,4	4,0
3.2.1	ND	ND	19,7	ND	ND	ND	25,0	36,7	71,4	32,6	ND	ND	4,3	ND	7,8	2,9	29,3	ND	20,7	5,4
3.2.3	ND	ND	17,2	ND	ND	ND	28,0	34,6	90,2	42,5	8,2	ND	ND	ND	6,1	2,8	33,2	ND	17,6	6,2
3.3.1	ND	ND	16,2	ND	ND	ND	27,4	36,6	80,1	33,3	ND	ND	ND	ND	5,2	2,8	30,8	ND	17,6	5,2
3.3.2	ND	ND	19,4	ND	ND	ND	29,8	38,3	85,3	35,7	ND	ND	ND	ND	4,8	3,1	36,4	ND	18,2	6,4
3.3.3	ND	ND	20,8	ND	ND	ND	27,6	38,4	76,1	35,9	6,7	ND	ND	ND	5,6	2,7	29,8	ND	19,0	6,1
3.3.4	ND	4,1	17,1	ND	ND	ND	30,1	44,1	90,7	41,1	ND	ND	ND	ND	6,5	2,8	29,8	ND	19,0	4,5
3.4.1	ND	ND	16,2	ND	ND	ND	23,6	41,5	84,9	38,2	9,3	6,7	ND	ND	9,5	3,2	29,9	ND	19,1	4,7
3.4.5	ND	ND	15,0	ND	ND	ND	24,8	50,1	91,6	43,9	10,2	ND	4,9	ND	10,8	2,2	30,4	ND	22,6	4,4
3.4.7	ND	ND	16,2	ND	ND	ND	20,3	46,5	97,7	43,3	9,7	ND	9,3	ND	8,7	2,5	32,5	ND	26,9	5,6
3.5.1	ND	ND	18,5	ND	ND	ND	26,2	39,5	82,0	35,4	ND	ND	ND	ND	7,7	ND	26,5	ND	21,7	5,5
3.5.2	ND	ND	16,3	ND	ND	ND	27,0	38,1	88,0	35,7	ND	ND	ND	ND	6,5	2,7	35,6	ND	19,4	6,4
3.5.4	ND	4,0	20,3	ND	ND	ND	25,3	40,2	82,1	30,1	ND	ND	ND	ND	7,1	4,2	28,1	ND	22,3	5,4
3.6.1	ND	ND	16,0	ND	ND	ND	26,2	34,9	77,4	33,5	ND	ND	ND	ND	8,9	2,4	33,7	ND	18,7	4,1

Pode-se afirmar que as variações químicas entre todas as amostras, quer sejam as amostras de formas pão-de-açúcar ou de amostras que não pertencem à cerâmica do açúcar não são muito significativas uma vez que se tratam de elementos com base na cerâmica vermelha e também porque o processo de cozedura deverá ter sido bastante semelhante. Assim, os elementos menores não têm uma tão grande discrepância

entre os dois grupos, sendo que tomados em partes por milhão até se pode considerar que têm valores bastante próximos.

Quanto aos elementos maiores, no que se refere à composição química, os aspetos mais relevantes das formas pão-de-açúcar são serem mais ricas em sílica e ferro e menos em alumínio e cálcio. Tal composição fez que com existisse um favorecimento à vitrificação e à resistência mecânica dos elementos da cerâmica do açúcar. Outro aspecto a realçar é que as formas pão-de-açúcar são um pouco mais ricas em magnésio, favorecendo a estabilidade química, sendo que são também mais pobres na perda ao rubro (LOI), o que se traduz como sendo mais um indício de queima a temperatura mais elevada.

De realçar que a amostra 2.3.1, por não ter uma quantidade suficiente de amostra não foi sujeita a nenhuma das análises de FRX, entenda-se por elementos maiores e elementos menores.

5.3 Resistência mecânica à compressão uniaxial

Depois de realizado o ensaio, explicitado anteriormente (capítulo 4.2), seguem-se apresentados os resultados obtidos com os respectivos desvios padrões.

As tabelas Tabela 5.7 e Tabela 5.8 mostram os valores obtidos para a força máxima imposta pela célula no momento imediatamente antecedente à rotura, bem como o valor da resistência à compressão simples, valor esse conseguido pelo software que tem por base a equação (4.3) e ainda o desvio padrão deste mesmo valor, já que para cada amostra foram ensaiadas vários provetes conseguidos a partir dessas mesmas amostras.

A primeira tabela, a Tabela 5.7 diz respeito aos valores provenientes da compressão realizada sobre os provetes das amostras que não pertenceram a formas pão-de-açúcar, ao passo que a Tabela 5.8 diz respeito aos valores de resistência à compressão uniaxial dos provetes resultantes das amostras de formas pão-de-açúcar.

Tabela 5.7 - Valores da resistência à compressão para amostras não formas pão-de-açúcar

Amostra	Designação	Fc (N)	Rc (MPa)	Desvio Padrão - Rc
Casa nº 2	1.3	2746,88	6,87	0,17
	1.4	2864,85	7,16	1,10
Casa Arrochela (fogo 2)	2.2.4	3818,75	10,10	2,47
Casa nº 4	3.1.1	2560,94	6,40	0,86
	3.1.2	3949,61	9,87	1,18

Tabela 5.8 - Valores da resistência à compressão para amostras formas pão-de-açúcar

Amostra	Designação	Fc (N)	Rc (MPa)	Desvio Padrão - Rc
Muro nº 1	3.3.3	2918,75	8,05	2,13
	3.3.6	2833,13	7,75	2,28
Depósito Cerâmico	3.4.3	3287,50	8,22	1,99
	3.4.6	3538,28	8,85	4,37
Muro nº 2	3.5.1	5346,36	14,63	3,13

Observando a Figura 5.2 conseguem-se retirar notas conclusivas acerca dos valores apresentados relativamente ao ensaio de compressão simples. Como referido anteriormente realizar-se-á uma comparação entre os valores obtidos nas amostras das formas pão-de-açúcar e os das amostras das restantes cerâmicas conseguidas.

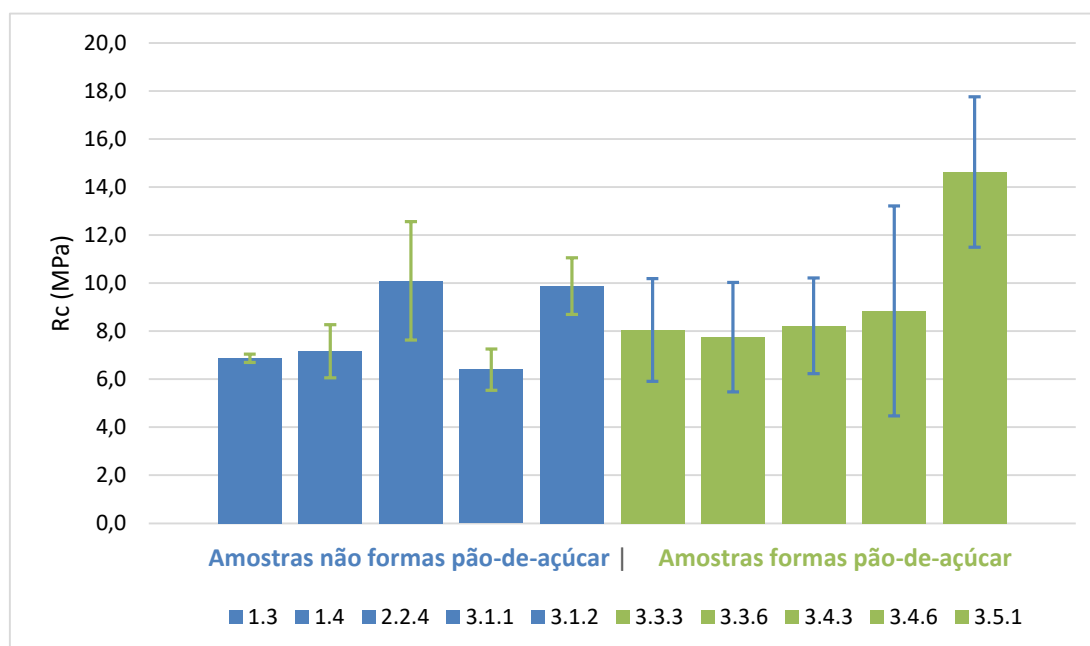


Figura 5.2 - Resistência à compressão média dos provetes ensaiados

As amostras das formas pão-de-açúcar concentram, em excepção aos resultados na amostra 3.5.1, valores muito mais próximos entre si do que as amostras das restantes cerâmicas em estudo. Esta situação poderá estar relacionada com a maior diversidade de amostras contempladas nas amostras não formas pão-de-açúcar já que este mesmo conjunto de exemplares que foram submetidos a este ensaio tem cerâmica pertencentes a tijolos cerâmicos maciços, de barro vermelho e de “rabo de andorinha”, bem como espólio cerâmico porventura mais recente e com melhores características mecânicas.

Outro dado que se pode extrapolar da análise do gráfico da Figura 5.2 é que a média dos valores médios de cada amostra é superior para as amostras pertencentes a antigas formas pão-de-açúcar comparativamente às amostras de tijolo e telha. Esta média mais elevada dever-se-á à boa qualidade da produção das formas que se destinavam à purga do açúcar e que foram utilizadas na construção e que têm uma maior resistência à compressão simples que espólio cerâmico como tijolo, este sim destinado a resistir compressivamente já que era utilizado para esse mesmo efeito. Estes valores fazem concluir que a matéria-prima e/ou o processo de fabricação da cerâmica do açúcar era bastante melhor já que é evidente a melhor resistência à compressão por parte deste tipo de cerâmica.

É também verdade que facilmente se denota que existe uma maior discrepância entre o maior e o menor valor se se comparar os valores por tipo de amostra. A média de valores obtida para a amostra retirada do muro nº 2, a amostra 3.5.1 apresenta um valor de 14.63 MPa enquanto que o valor mais baixo obtido para a resistência à compressão de amostras da cerâmica do açúcar foi de 7.75 MPa da amostra 3.3.6 pertencente ao espólio encontrado no muro nº 1. Esta diferença de média de valores de resistência à compressão é de 6.88 MPa enquanto que para o espólio que não pertence a antigas formas pão-de-açúcar é de 3.69 MPa e é resultado da diferença entre os valores médios obtidos entre as amostras 2.2.4 e 3.1.1 respectivamente amostras recolhidas no segundo fogo da Casa nº 3 e o tijolo “rabo de andorinha” retirado da casa que se encontrava já demolida à data da sua inspecção.

O maior desvio padrão dentro dos provetes de cada amostra é referente à amostra 3.4.6 e tem o valor de 4.37 e reflete um pouco os desvios padrões deste tipo de espólio cerâmico já que as amostras de antigas formas pão-de-açúcar são aquelas que revelam uma média superior para o valor do desvio padrão das respectivas amostras. Esta discrepância de valores para cada amostra fundamentasse essencialmente devido ao facto de algumas amostras terem revelado dimensões ligeiramente menores que os 20x20 mm² e como eram côncavas influenciavam, cada uma à sua maneira, os valores apresentados sendo que apesar disso mantiveram a média bastante próxima entre as amostras ensaiadas.

Uma última análise, esta apenas relacionada mais especificamente com as formas pão-de-açúcar, são os valores bastantes mais elevados da última amostra sujeita ao ensaio de compressão. A amostra 3.5.1 retirada no segundo muro inspeccionado, perto do Quartel de Sá, é a amostra que apresenta os valores mais elevados apesar do seu também elevado desvio padrão. A amostra apresentou um valor médio de resistência à compressão de 14.63 MPa, valor esse que alguns casos quase duplica o valor de outras amostras semelhantes. Curiosamente esta amostra localiza-se bastante longe das restantes amostras da cerâmica do açúcar recolhidas. Como referido em capítulos anteriores a grande maioria das implementações de formas pão-de-açúcar em paredes aconteceu em edifícios situados no antigo Bairro das Olarias, onde estas eram também fabricadas. Esta opção técnica de construção devia-se à má qualidade das formas e que estariam impróprias para exportação já que Aveiro aprimorava pela excelente qualidade das mesmas sendo que estas formas de “refugo” eram reaproveitadas para não serem todas elas colocadas em depósito. Assim, e dada a distância ao local de produção, as formas utilizadas neste actual muro, porventura uma fachada de uma habitação outrora, deverão ter sido formas que não tinha qualquer tipo de problemas de produção, mas que apenas seriam excesso de stock provocado pela corte de relações entre Portugal e o Brasil poucos anos depois da sua independência em 1822. O excesso de stock deverá ter sido tal que no Bairro das Olarias não era possível a criação de mais elementos com as formas pão-de-açúcar pelo que se começou a descentralizar a utilização das mesmas que apesar de mais distante do local de produção continua a localizar-se no actual centro da cidade.

Estes valores serão então de formas pão-de-açúcar em perfeito estado de utilização e mostra mais uma vez o porque de Aveiro ser a região preferencial no país para a exportação deste mesmo tipo de material pois actualmente é ainda possível cientificamente comprovar a boa qualidade deste mesmo espólio cerâmico tão raro e com bastante importância histórica.

6. Conclusões

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais da presente dissertação. Faz-se uma avaliação global dos aspectos abordados que serão relacionados com os objectivos pretendidos para a presente investigação. Apresentam-se ainda sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

6.1 Avaliação global

Recorde-se que a presente dissertação tinha como objectivos iniciais a realização de um levantamento das características químicas, mineralógicas e mecânicas dos produtos cerâmicos utilizados na construção antiga e tradicional de Aveiro bem como das paredes pão-de-açúcar encontradas há alguns anos, paredes essas realizadas com cerâmica não destinada à construção. Outro objectivo passava por uma revisão bibliográfica relacionada com as unidades fabris existentes na região de Aveiro bem como as que estão em funcionamento actualmente tentando perceber a influência das mesmas na realização da cerâmica do açúcar. Estes objectivos têm uma finalidade específica que é incorporar todas a informação recolhida e obtida na base de dados do projecto *DB-Heritage* que é uma base de dados nacional sobre o património edificado existente e tudo a que ele está associado.

De realçar antes de mais a pouca informação ainda referente ao espólio da cerâmica do açúcar na região de Aveiro bem como as suas amostras levou a que o desenvolvimento dos trabalhos e investigações relacionadas com este mesmo espólio fosse bastante complexo. A procura do saber científico sobre este espólio é actualmente ainda pouco pormenorizada e muitos dos dados e informações redigidos no presente texto pelo autor foram conseguidos através de conversas a viva voz com outros autores que se dedicaram e dedicam há bastantes anos aos temas relacionados com as formas pão-de-açúcar e que também eles, fundamentados em documentação antiga e conversas com gentes antigas da cidade de Aveiro têm as suas ideias e fundamentos. Apesar disso, a pouca informação ainda descoberta sobre este espólio cerâmico é concisa e encontra-se ainda num processo de concretização do conhecimento total da história e caracterização deste espólio do açúcar.

É importante referir ainda que não decorreram ensaios sobre todas as amostras recolhidas uma vez que a presente dissertação, inserida no projecto *DB-Heritage*, necessita de espólio para recolha de todos os desenvolvimentos e estudos científicos realizados. Uma vez que o espólio cerâmico da região é tão singular é importante também preservá-lo depois do investimento feito para o conseguir. Existe então espólio cerâmico de formas pão-de-açúcar que se encontra guardado para futuros desenvolvimentos e para compilação da base de dados que se encontra em constante modificação e complementação.

Relativamente às unidades fabris de cerâmica em Aveiro

Era importante dar passos na descoberta relacionadas com as formas pão-de-açúcar. Nesse sentido tornou-se fundamental perceber não só as características das mesmas, sejam elas quais forem, mas também a origem histórica da cerâmica do açúcar já que nesse mesmo sentido ainda não existiam desenvolvimentos substanciais.

O aprofundamento do conhecimento relativamente à indústria cerâmica na região de Aveiro bem como a datação da sua origem e o tipo de produtos elaborados em cada uma das fábricas que iniciaram a comercialização em Aveiro tornou-se importante para tentar esclarecer o seu papel na produção das formas

pão-de-açúcar. Desta forma o autor percebeu que não existe uma ligação directa entre as fabricas implementadas em Aveiro e a produção da cerâmica do açúcar.

A produção das formas pão-de-açúcar deverá ter-se iniciado em Aveiro na segunda metade do século XV e terminado por volta de 1830, século XIX. Já a primeira fábrica de cerâmica a aparecer em Aveiro foi a Fábrica de Loiça Fina do Cojo, fábrica essa que produzia cerâmica decorativa e azulejar, fundada em 1774. A primeira fábrica de cerâmica de construção a ser implementada em Aveiro foi a Jerónimo Campos Pereira & Filhos e fundou-se em 1896.

Apesar de haver um período de sobreposição temporal, desde 1774 a 1830, da produção de cerâmica azulejar e decorativa em Aveiro com a produção da cerâmica do açúcar não existe ligação directa entre a Fábrica de Loiça Fina do Cojo e a cerâmica do açúcar, pois além de não existir nenhum documento nem história que o relate existe outra documentação que comprova a produção das formas pão-de-açúcar em meados do século XV, altura em que a fábrica ainda não existia.

Concluiu-se então que não existe ligação directa entre as fábricas de cerâmica em Aveiro e a produção da cerâmica do açúcar, contudo e segundo Paulo Morgado, a produção artesanal das formas pão-de-açúcar já poderia ser um processo com vários oleiros sendo que não se pode ainda comprovar tal hipótese. Apesar disso, o autor expõe a existência de produção cerâmica na região de Aveiro, muitos séculos antes da implementação da primeira fábrica o que leva a crer que desde o século III Aveiro está directamente ligado à produção cerâmica de vários tipos.

Relativamente à realização dos ensaios

O ensaio de difractometria de raios X (DRX) foi realizado nas amostras que se apresentaram na Tabela 4.2 e na Tabela 4.3. Este ensaio apresentou picos identificáveis com uma pormenorização grosseira já que apenas interessava saber quais os minerais com maior presença em cada amostra. Ainda assim, cada difractograma apresentou inúmeros picos para identificação por parte do autor, pelo que a análise manual de todas as amostras foi muito morosa e requereu bastante minuciosidade de selecção de cada mineral representado em cada pico de cada difractograma.

O ensaio por Espectrometria de Florescência de raios X (FRX) foi igualmente trabalhoso já que existiam bastantes dados para serem trabalhados ainda assim conseguiram valores que diferenciaram as amostras pelas duas tipologias (formas e não formas pão-de-açúcar).

O ensaio de compressão uniaxial foi realizado sobre vários provetes obtidos a partir de várias amostras sendo que o número de provetes conseguidos não foi o mesmo em todas elas. Existiram situações que se conseguiu apenas 3 provetes e outras que se obtiveram 10 provetes de uma só amostra cerâmica o que poderá levar a médias e desvios padrões ligeiramente diferentes daquilo que esse mesmo espólio cerâmico tem como características mecânicas. Ainda assim o ensaio decorreu segundo a norma adoptada, EN 1015-11:1999/A 1:2006-en (IPQ., 2007), e obedeceu sempre às especificações indicadas excepionalmente às mínimas dimensões que raramente não se fizeram verificar em algumas amostras das formas pão-de-açúcar.

Apesar de todas as adversidades a realização dos ensaios obedeceu a todas as especificações indicadas e, sempre que possível recorrendo às normas existentes ou procedimentos considerados adequados. Não foram registados quaisquer tipos de anomalias durante a sua realização, sendo que os resultados obtidos deverão enquadrar nos intervalos de valores esperados já que não existem valores comparativos para este espólio cerâmico específico, as formas pão-de-açúcar.

Relativamente aos resultados obtidos

Tanto mineralogicamente com quimicamente as amostras são semelhantes entre si já que a sua génese é também a mesma, a cerâmica vermelha de argila comum. Por essa razão a análise comparativa não faz grandes distinções uma vez que se tratam praticamente do mesmo produto e produzido em épocas diferentes, mas com técnicas semelhantes variando apenas a sua forma. Ainda assim existem diferenças que levam a crer que o processo de cozedura foi distinto entre os dois grupos cerâmicos, tendo as formas pão-de-açúcar passado por um processo mais cuidado e por temperaturas de cozedura mais elevadas que se aproximariam de valores de cerca de 1000 °C. Tal levou à inexistência dos filossilicatos nas amostras da cerâmica do açúcar bem como à maior quantidade de hematite nestas mesmas amostras. Esta teoria, apoiada na maior riqueza em sílica e ferro e menos alumínio e cálcio, fez com que houvesse um favorecimento à vitrificação das formas pão-de-açúcar bem como à resistência mecânica das mesmas. Outro aspecto químico de realce é a maior concentração de magnésio na cerâmica do açúcar o que faz com que tenha uma maior estabilidade química. Por último, o aspecto mais importante é as percentagens de perda ao rubro encontrados na cerâmica do açúcar. São valores claramente mais baixos que o grupo de comparação, o que se traduz como sendo mais um indício de queima a temperatura mais elevada.

Relacionado com o comportamento mecânico que as amostras apresentaram no ensaio de compressão simples, genericamente as amostras das formas pão-de-açúcar apresentaram valores médios mais elevados e valores de desvios padrões também eles mais elevados. Este último factor dever-se-á ao facto da dificuldade encontrada em se realizarem cubos perfeitos de 20x20 mm² já que as formas em parte alguma têm um desenvolvimento linear nas três direcções. Ainda assim conseguiram-se provetes bastante próximos do desejável e que acabaram por revelar os maiores valores de resistência à compressão.

Assim, a análise mineralógica (DRX) e química (FRX) sustentam a teoria da maior resistência mecânica à compressão conseguida e comprovada nas amostras das formas pão-de-açúcar. Tal deve-se essencialmente à diferenciação que se fez no processo de cozedura que fez com que, ao se atingir temperaturas de cozedura mais elevadas se conseguisse também uma maior resistência mecânica aliada a uma maior estabilidade química, perdurando as amostras em melhores condições até à actualidade.

Pelos resultados obtidos fica o reconhecimento de que de facto as formas pão-de-açúcar produzidas em Aveiro tinham uma qualidade impreterivelmente boa como desde sempre foi relatada nos poucos documentos que chegaram até à actualidade.

De realçar ainda que as amostra recolhidas fora do Bairro das Olarias revelaram-se importantíssimas já que a amostra daí ensaiada à compressão simples apresentou o maior valor de resistência de entre todas as amostras ensaiadas o que levou a crer ao autor que se tratarão de amostras provenientes de formas que outrora estariam em perfeitas condições de comercialização que só não aconteceu devido ao excesso de stock na cidade sendo então reaproveitadas como elementos de construção, fundamentando assim a boa qualidade da cerâmica aveirense.

Uma última conclusão é aquela que é a respostas ao trabalho de investigação realizado é a de que de facto estes elementos cerâmicos colocados em paredes têm características ainda hoje que nos fazem levar a crer que à data da sua implementação em paredes tinham de facto características mecânicas excepcionais para serem aplicados em elementos estruturais. Pode-se então afirmar que as parede pão-de-açúcar foram elementos cerâmicos produzidos para a purga do açúcar, mas o fim a que se destinaram esta encontradas em paredes têm características físicas, químicas e mecânicas que fizeram esses mesmo elementos perdurarem até à actualidade.

6.2 Desenvolvimentos futuros

De modo a desenvolver o trabalho já realizado e com vista a novas áreas de desenvolvimento relacionadas com a cerâmica do açúcar apresentam-se seguidamente um conjunto de propostas de trabalhos futuros a serem desenvolvidos. De realçar que os trabalhos têm uma dificuldade acrescida que é o pouco espólio disponível. Essencialmente o espólio para ensaios destrutivos ou ensaios que necessitem de uma quantidade grande ou regular de amostragem são bastantes difíceis de serem obtidos já que nem há amostras de grandes dimensões nem amostras em grande número que possam ser destruídas para o efeito. O espólio existente intacto é de facto pouquíssimo e o restante espólio espalhado um pouco pela cidade de Aveiro apresenta todo ele dimensões bastante reduzidas.

Ainda assim a continuação do estudo da cerâmica do açúcar poderá passar por:

- Realizar ensaios de desgaste à abrasão;
- Realizar ensaios de absorção de água, quer por capilaridade quer pelo processo de tubos de Karsten;
- Realizar ensaios complementares em argamassa dos mesmos locais e idades;
- Realizar ensaios de condutibilidade térmica;
- Módulo de elasticidade dinâmico.

Um outro factor importante a alcançar para criar uma maior fundamentação sobre a temática era encontrar algum elemento que revele a produção desta cerâmica. O melhor elemento para esta caracterização seria encontrar um forno de produção das formas pão-de-açúcar e, a partir deste elemento, seria possível, através de métodos adequados, balizar a produção desta mesma cerâmica que neste momento ainda tem uma datação um pouco flutuante temporalmente. O aparecimento deste marco fará com que se perceba se o contexto de produção seria de oleiros individuais ou se existia já uma maior organização, mas que ainda não almejava ser uma indústria de produção cerâmica.

Referências Bibliográficas

- AAVV (1761). “*Escritura de sociedade de contrato.*” Aveiro: Arquivo Distrital de Aveiro - Secção Notarial nº 290.
- Aboobaker, I. (2010). *Desenvolvimentos recentes na normalização de tijolos cerâmicos de alvenaria e telhas cerâmicas.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.
- Almeida, C.; Almeida, A.; Leal, A. (1987). O forno cerâmico romano de Eixo - Aveiro. *Portvgalia*, 8, 12.
- Almeida, C.; Fernandes, F. (2001). *Carta Arqueológica do Concelho de Aveiro* (Câmara Mun).
- Alves, F. (1997). Os destroços do navio do séc. XV: Ria de Aveiro A. In *A loiça preta em Portugal: olhares cruzados*. (Centro Reg, pp. 85–86). Porto.
- Amorim, I. (1995). A cerâmica de Aveiro no séc. XVII: das olarias à fábrica de “louça fina.” *Estruturas Sócio-Económicas e Industrialização No Norte de Portugal (Séc. XIX-XX)*, 20.
- Andrade, A. (1990). Aspectos práticos da determinação quantitativa dos elementos maiores em rochas, por espectometria de fluorescência de raios X. *Revista Da Universidade de Aveiro*, Nº 5, 91–118.
- Azeiteiro, C., Velosa, A., Paiva, H., Mantas, P., Ferreira, V., Veiga, M. (2012). *Caracterização reológica de caldas de injeção para consolidação de revestimentos. Realização experimental. 4º Congresso Português de Argamassas E Etics.*
- Benta, A. (2007). *Aspectos do comportamento geomecânico da formação argilas de Aveiro.* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil na Universidade de Aveiro.
- Braga, A. (1995). Aveiro em 1847-1848 segundo um relatório do governo civil. *Estudos Aveirenses*, Nº 5, 191–206.
- Brindley, G.; Brown, G. (1980). *Criystal Structures of Clay Minerals and their X – Ray Identification.* (Mineralogical Society). London.
- CEN. Methods of test for mortar for masonry; Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar, Pub. L. No. EN 1015-11:1999/A 1:2006-en, 1 (2007). Brussels.
- Cristo, A.; Gaspar, J.(1986). *Calendário histórico de Aveiro* Câmara Municipal de Aveiro.
- Cruz, C. (2010). *Comportamento e durabilidade de telhas cerâmicas em ambiente marítimo.* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil na Universidade de Aveiro.
- Dias, A. (2015). *Argamassas de cal hidráulica natural NHL3.5 com metacaulino – Caracterização após três anos em cura laboratorial e marítima.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.
- Fernandes, M. (2012). *A loiça preta em Portugal: Estudo histórico, modos de fazer e de usar.* Tese de Doutoramento em História no Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho.

Gomes, C. (1988). *Argilas. O que são e para que servem* (Fundação Calouste Gulbenkian).

Gonçalves, M. (2004). Sem materiais não há engenharia. *Arquitetura E Vida*, 64–69.

Grilo, J. (2013). *Caracterização de argamassas de cal hidráulica natural NHL 3.5 de fabrico nacional*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

IPQ. Normalização e actividades correlacionadas; Vocabulário geral, NP EN 45020:2009-pt, 60 (2009). Almada.

IPQ. Specification for masonry units; Part 1: Clay masonry units, NP EN 771-1:2011+A1:2015-en, 1 (2015). Almada.

Jenkins, R.; Gould, R. W. and Gedcke, D. (1981). *Quantitative X-ray spectrometry*.

Livro Nobre de Santa Cruz de Coimbra. (1431) (Torre do Tombo).

Lopes, E. (2012). *Desenvolvimentos recentes na normalização de revestimentos cerâmicos , colas e argamassas de juntas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Madaíl, R. (1959). *Milenário de Aveiro: Coletânea de documentos Históricos*. Câmara Municipal de Aveiro.

Meira, L. (2001). “ *Argilas : O Que São , Suas Propriedades E Classificações .*” *Comunicações Técnicas - VISA Consultores*, 1–7.

Morgado, P.; Silva, R.; Filipe, S. (2012). *A cerâmica do açúcar de Aveiro. Recentes achados na área do antigo Bairro das Olarias. In Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna (Centro de, pp. 495–506)*.

Morgado, P. (2009). *A Cerâmica do Açúcar em Aveiro na Época Moderna. Patrimónios No 7*, 117–142.

Neves, F. (1971). *Subsídios para a história Económica de Aveiro no séc. XVII. Dois aranzéis das sisas e taxas cobradas pela Câmara. Aveiro: Arquivos Distritais de Aveiro*.

Nobre, J.; Velosa, A.; Faria, P. (2017). “*As paredes pão-de-açúcar no edificado aveirense*”. *Congresso da reabilitação do património. Universidade de Aveiro*.

Nunes, N. (2006). *As palavras e as coisas do açúcar: a terminologia das formas de açúcar do Mediterrâneo ao Atlântico. In É. D. M. Sousa (Ed.), A cerâmcia do açúcar em Portugal na época moderna (Centro de, pp. 63–69). Lisboa/Machico*.

“*O tijolo e a sua aplicação ao longo do tempo*.” *Faculdade de Arquitectura de Lisboa* (2006).

Oliveira, A. (1990). *Apontamentos sobre a produção de cal em Oliveira do Bairro. ADERAV, Boletim no, 21–23*.

Pereira, M. (2005). *Anomalias Em Paredes De Alvenaria Sem Função Estrutural*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Escola de Engenharia do Minho.

Registo de alvarás, diplomas, cartas e licenças, liv. 159. Arquivo Histórico e Municipal de Aveiro.

Reis, M. (2005). *Argilas/lamas portuguesas utilizadas em peloterapia: propriedades físicas e químicas relevantes*. Mestrado em Minerais e Rochas Industriais na Universidade de Aveiro.

Rocha, F.; Morgado, P. (2014). *Mineralogia , matérias-primas e peças cerâmicas*. In *Proveniência de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal*. (Associação, pp. 97–102). Coimbra.

Rodrigues, M. (1996). *Os industriais de cerâmica: Aveiro, 1882-1923*. *Análise Social*, 31(136–137), 631–682.

Sarrico, P. (2009). *Percurso do azulejo de fachada de Aveiro: Dinâmicas para a sua salvaguarda*. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Sousa, H. (2002). *Alvenarias em Portugal. Situação actual e perspectivas futuras*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Edição: Lourenço, P. e Sousa, H., Porto

Sousa, H. (2003). *Construções em alvenaria*. Universidade do Porto.

Terroso, D. (2005). *Argilas / Lamas e Águas Termais das Furnas (Açores) : Avaliação das Propriedades Físicas e Químicas relevantes para a utilização em Peloterapia*. Mestrado em Minerais e Rochas Industriais na Universidade de Aveiro.

Triães, R. (2016). *Caracterização Composicional , Tipológica e Conservação de Materiais Cerâmicos da Província da Lusitânia – Materiais Industriais*. Tese de Doutoramento em Geotecnologias na Universidade de Aveiro.

Vieira, M. (2014). *Patologia em fachadas azulejadas em Aveiro*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Universidade de Aveiro.

Vieira, V. (1984). *Memória sobre a vila de Eixo*. *Boletim Municipal de Aveiro* No 3, 30 – 64.

[W1] <http://db-heritage.inec.pt>, consultado em 18/06/2017.

[W2] <http://www.scmaveiro.pt/>, consultado em 23/06/2017.

[W3] <https://www.gescontact.pt/>, consultado em 30/06/2017.

[W4] <http://www.ceramica.pt/>, consultado em 30/06/2017.

Anexos

Anexo I Amostras Casa nº 1



Figura A. 1 - Amostra 3.6.1

Anexo I Amostras Casa nº 2



Figura A. 2 - Amostra 1.1



Figura A. 3 - Amostra 1.2



Figura A. 4 - Amostra 1.3



Figura A. 5 - Amostra 1.4

Anexo I Amostras Casa nº 3



Figura A. 7 - Amostra 2.1



Figura A. 6 - Amostra 2.2.1



Figura A. 9 - Amostra 2.2.2



Figura A. 8 - Amostra 2.2.3



Figura A. 10 - Amostra 2.2.4



Figura A. 11 - Amostra 2.2.5



Figura A. 12 - Amostra 2.3.1



Figura A. 13 - Amostra 2.3.2



Figura A. 14 - Amostra 2.4.1



Figura A. 15 - Amostra 2.4.2

Anexo I Amostras Casa nº 4



Figura A. 17 - Amostra 3.3.1



Figura A. 16 - Amostra 3.1.2

Anexo I Amostras Casa nº 5



Figura A. 18 - Amostra 3.2.1



Figura A. 19 - Amostra 3.2.2



Figura A. 21 - Amostra 3.2.3



Figura A. 20 - Amostra 2.5

Anexo I Amostras Muro nº 1



Figura A. 23 - Amostra 3.3.1



Figura A. 22 - Amostra 3.3.2



Figura A. 25 - Amostra 3.3.3



Figura A. 24 - Amostra 3.3.4



Figura A. 26 - Amostra 3.3.5



Figura A. 27 - Amostra 3.3.6



Figura A. 28 - Amostra 3.3.7



Figura A. 29 - Amostra 3.3.8

Anexo I Amostras Depósito Cerâmico



Figura A. 31 - Amostra 3.4.1



Figura A. 30 - Amostra 3.4.2



Figura A. 35 - Amostra 3.4.5



Figura A. 34 - Amostra 3.4.6



Figura A. 32 - Amostra 3.4.3



Figura A. 33 - Amostra 3.4.4



Figura A. 37 - Amostra 3.4.7



Figura A. 36 - Amostra 3.4.8

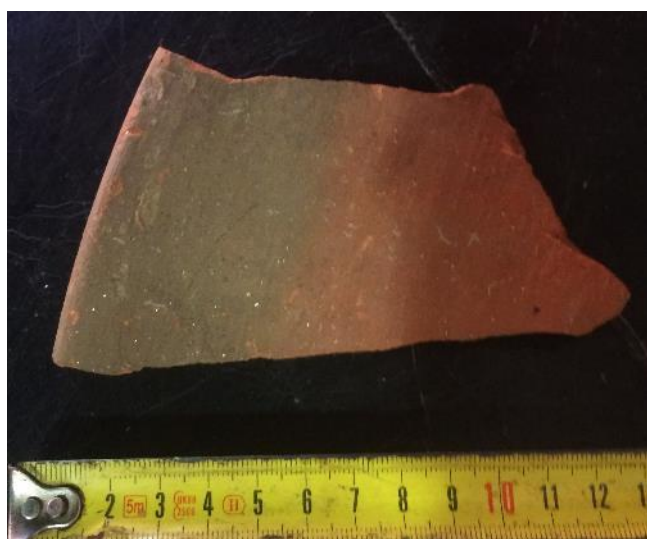


Figura A. 38 - Amostra 3.4.9

Anexo I Amostras Muro nº 2



Figura A. 42 - Amostra 3.5.1



Figura A. 41 - Amostras 3.5.2



Figura A. 40 - Amostra 2.6



Figura A. 39 - Amostra 3.5.4



Figura A. 43 - Amostra 3.5.3

Anexo II Ensaio de Compressão

Tabela A. 1 - Valores da resistência à compressão - amostras não formas pão-de-açúcar

Nome da Amostra		Espessura	Largura	Altura	Máx_Força	Máx_Tensão
Unidade		mm	mm	mm	N	N/mm2 (MPa)
Amostra 3.1.1 Casa nº 4	3.1.1_a	20,00	20,00	20,00	2187,50	5,47
	3.1.1_b	20,00	20,00	20,00	2275,00	5,69
	3.1.1_c	20,00	20,00	20,00	2520,31	6,30
	3.1.1_d	20,00	20,00	20,00	2860,94	7,15
	3.1.1_e	20,00	20,00	20,00	2960,94	7,40
	<i>Média</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>2560,94</i>	6,40
	<i>Desvio Padrão</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>343,83</i>	<i>0,86</i>
	<i>Variação</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>0,13</i>	<i>0,13</i>
Amostra 3.1.2 Casa nº 4	3.1.2_a	20,00	20,00	20,00	3835,94	9,59
	3.1.2_b	20,00	20,00	20,00	4639,06	11,60
	3.1.2_c	20,00	20,00	20,00	3729,69	9,32
	3.1.2_d	20,00	20,00	20,00	3593,75	8,98
	<i>Média</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>3949,61</i>	9,87
	<i>Desvio Padrão</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>470,20</i>	<i>1,18</i>
	<i>Variação</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>0,12</i>	<i>0,12</i>
Amostra 1.3 Casa nº 2	1.3_a	20,00	20,00	20,00	2795,31	6,99
	1.3_b	20,00	20,00	20,00	2698,44	6,75
	<i>Média</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>16,60</i>	<i>2746,88</i>	6,87
	<i>Desvio Padrão</i>	<i>16,30</i>	<i>20,00</i>	<i>15,60</i>	<i>68,50</i>	<i>0,17</i>
	<i>Variação</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>14,50</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>
Amostra 1.4 Casa nº 2	1.4_a	20,00	20,00	20,00	2553,13	6,38
	1.4_b	15,70	20,00	16,00	3176,56	7,94
	<i>Média</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>2864,85</i>	7,16
	<i>Desvio Padrão</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>18,00</i>	<i>440,83</i>	<i>1,10</i>
	<i>Variação</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>18,00</i>	<i>0,15</i>	<i>0,15</i>
Amostra 2.2.4 Casa nº 3	2.2.4_a	20,00	20,00	18,00	3448,44	8,62
	2.2.4_b	20,00	15,00	18,00	2962,50	7,41
	2.2.4_c	20,00	16,00	16,00	3876,56	11,89
	2.2.4_d	20,00	20,00	20,00	4987,50	12,47
	<i>Média</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>18,00</i>	<i>3818,75</i>	10,10
	<i>Desvio Padrão</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>17,00</i>	<i>864,02</i>	<i>2,47</i>
	<i>Variação</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>	<i>0,23</i>	<i>0,24</i>

Tabela A. 2 - Valores da resistência à compressão - amostras formas pão-de-açúcar

Nome Unidade		Espessura mm	Largura mm	Altura mm	Máx_Força N	Máx_Tensão N/mm2 (MPa)
Amostra 3.3.3 Muro nº 1	3.3.3_a	20,00	20,00	20,00	3300,00	10,51
	3.3.3_b	20,00	20,00	20,00	2776,56	6,94
	3.3.3_c	20,00	20,00	20,00	2679,69	6,70
	Média	20,00	18,50	12,00	2918,75	8,05
	Desvio Padrão	0,00	20,00	14,00	333,71	2,13
	Variação	0,00	16,70	13,00	0,11	0,27
Amostra 3.3.6 Muro nº 1	3.3.6_a	20,00	20,00	20,00	2928,13	7,32
	3.3.6_b	20,00	20,00	20,00	4507,81	11,27
	3.3.6_c	20,00	0,00	0,00	2054,69	5,14
	3.3.6_d	20,00	0,00	0,00	2010,94	6,70
	3.3.6_e	20,00	0,00	0,00	2664,06	8,33
	Média	20,00	0,00	0,00	2833,13	7,75
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	1015,40	2,28
Amostra 3.4.3 Depósito Cerâmico	3.4.3_a	20,00	0,00	0,00	3382,81	8,46
	3.4.3_b	20,00	0,00	0,00	2168,75	5,42
	3.4.3_c	20,00	0,00	0,00	3862,50	9,66
	3.4.3_d	20,00	0,00	0,00	2860,94	7,15
	3.4.3_e	20,00	0,00	0,00	4162,50	10,41
	Média	20,00	0,00	0,00	3287,50	8,22
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	796,70	1,99
Amostra 3.4.6 Depósito Cerâmico	3.4.6_a	20,00	0,00	0,00	6064,06	15,16
	3.4.6_b	20,00	0,00	0,00	2754,69	6,89
	3.4.6_c	20,00	0,00	0,00	2090,63	5,23
	3.4.6_d	20,00	20,00	20,00	3243,75	8,11
	Média	20,00	20,00	20,00	3538,28	8,85
	Desvio Padrão	0,00	20,00	20,00	1748,91	4,37
	Variação	0,00	0,00	0,00	0,49	0,49
Amostra 3.5.1 Muro nº 2	3.5.1_a	20,00	0,00	0,00	4259,38	11,51
	3.5.1_b	20,00	0,00	0,00	5842,19	14,61
	3.5.1_c	20,00	0,00	0,00	5937,50	17,78
	Média	20,00	0,00	0,00	5346,36	14,63
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	942,56	3,13
	Variação	0,00	0,00	0,00	0,18	0,21

Anexo IIIDifractogramas (DRX)

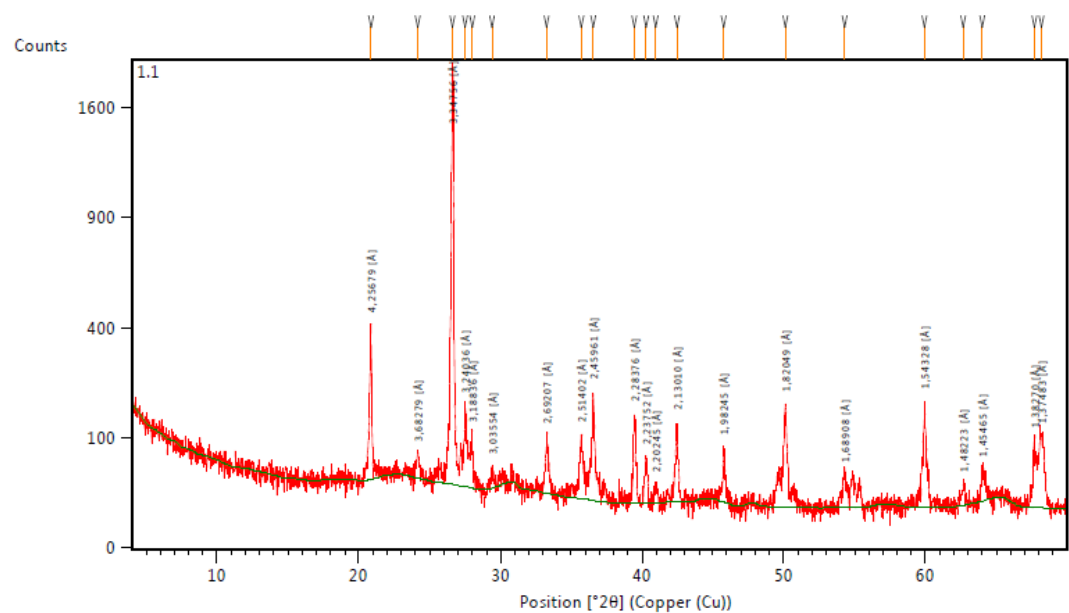


Figura A. 44 - Difractograma amostra 1.1

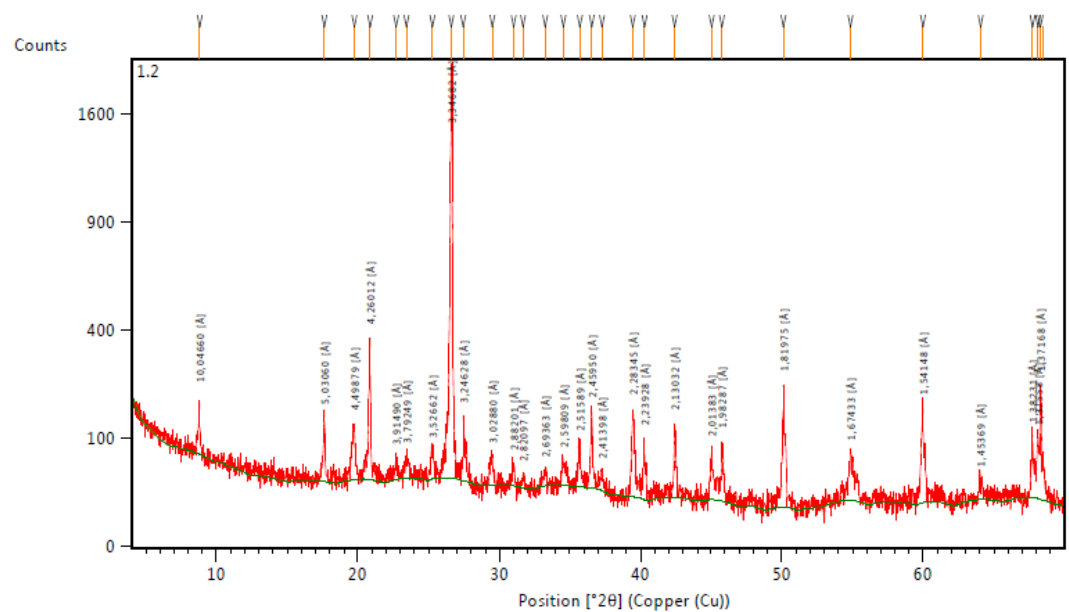


Figura A. 45 - Difractograma amostra 1.2

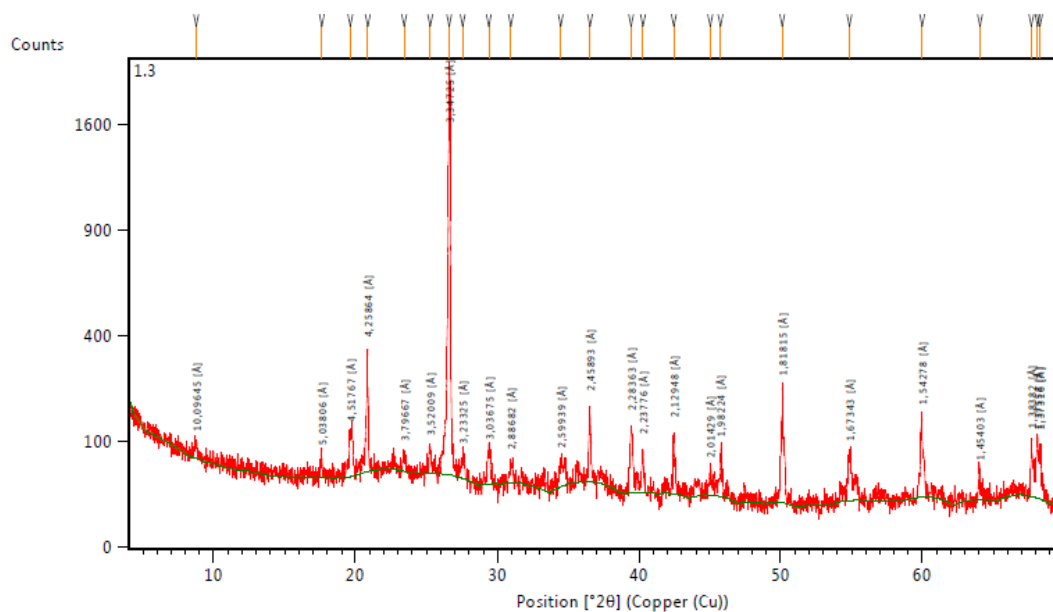


Figura A. 46 - Diffractograma amostra 1.3

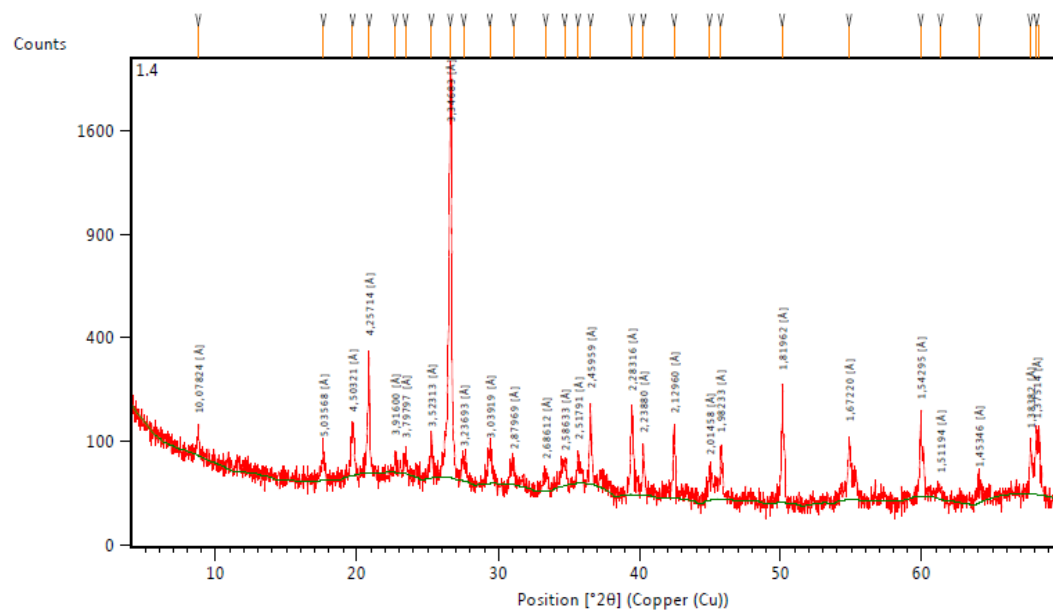


Figura A. 47 - Diffractograma amostra 1.4

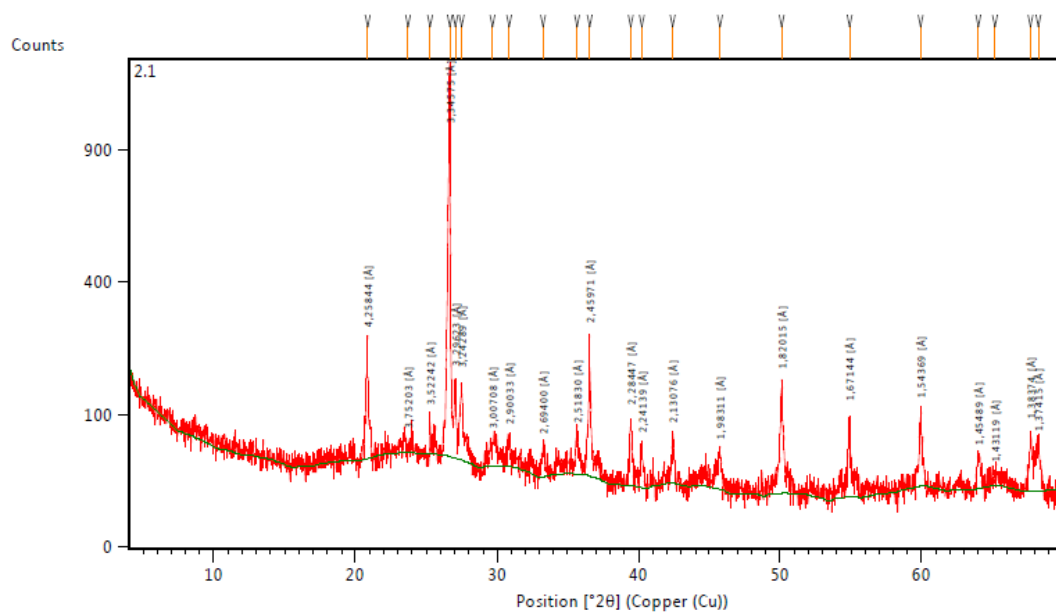


Figura A. 48 - Difratograma amostra 2.1

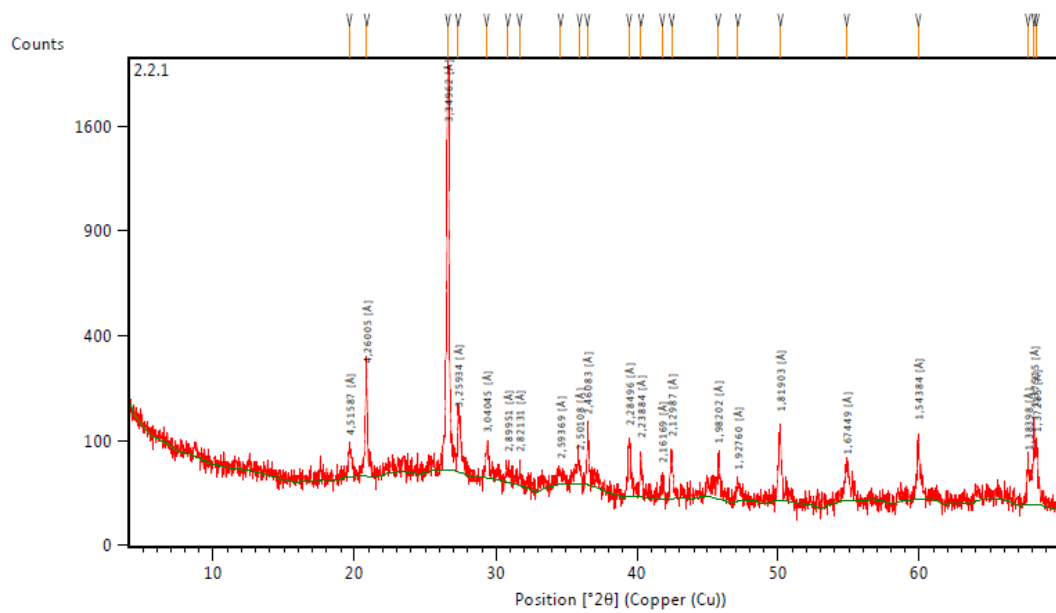
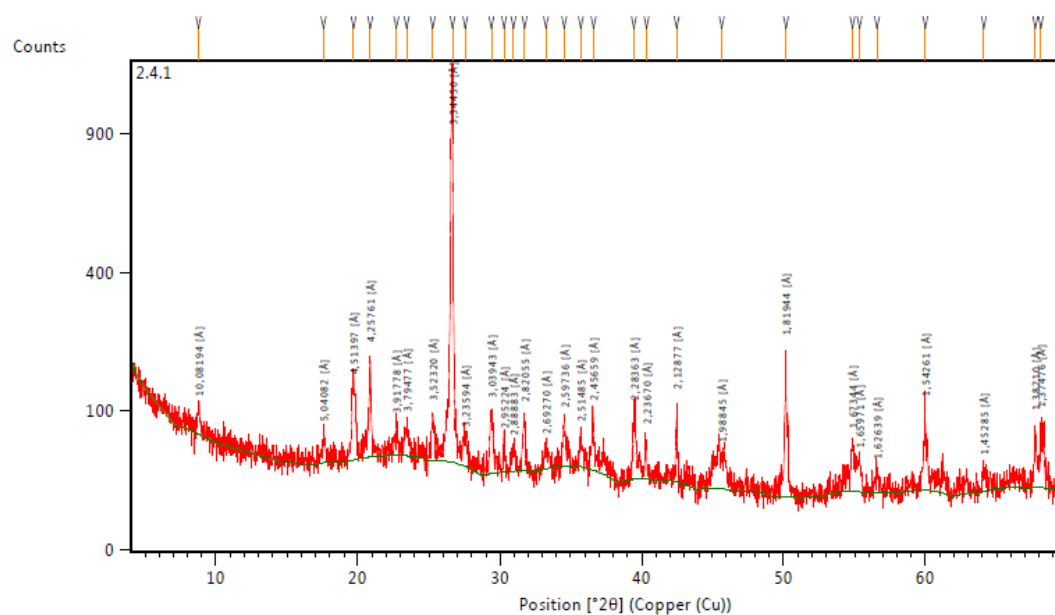
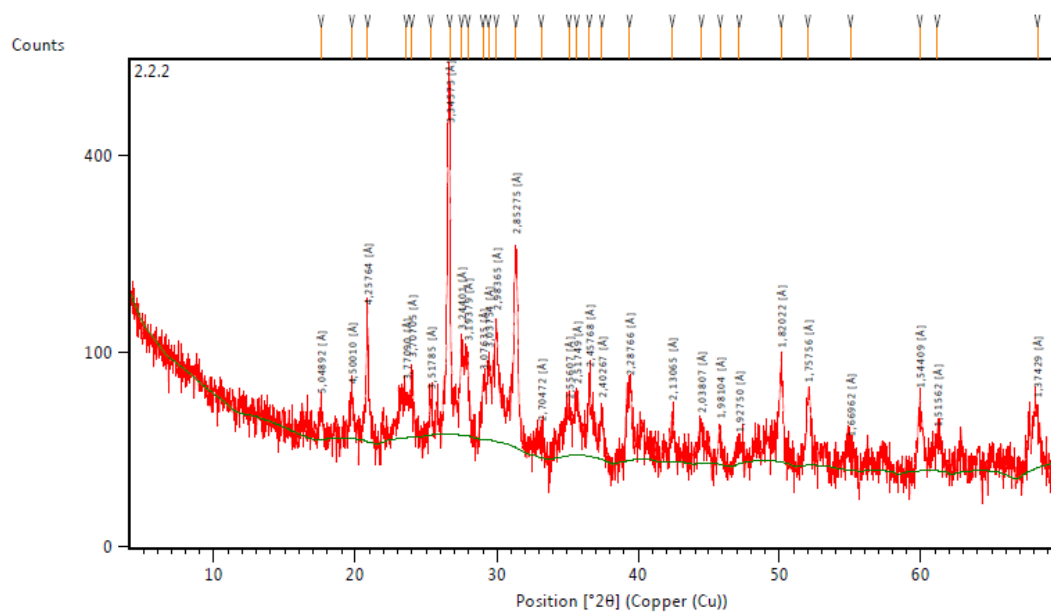


Figura A. 49 - Difratograma amostra 2.2.1



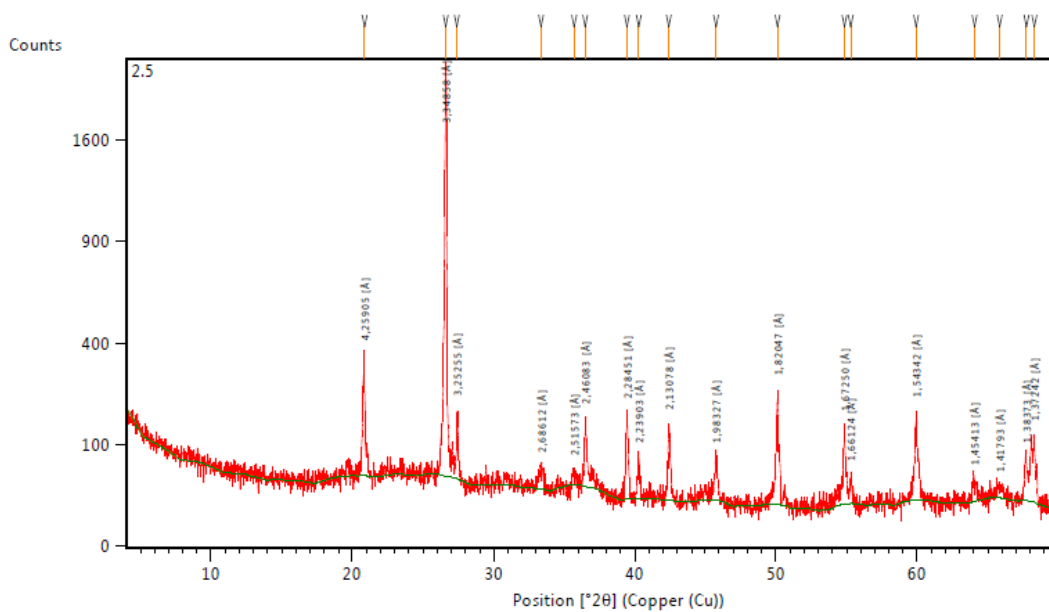


Figura A. 52 - Difratograma amostra 2.5

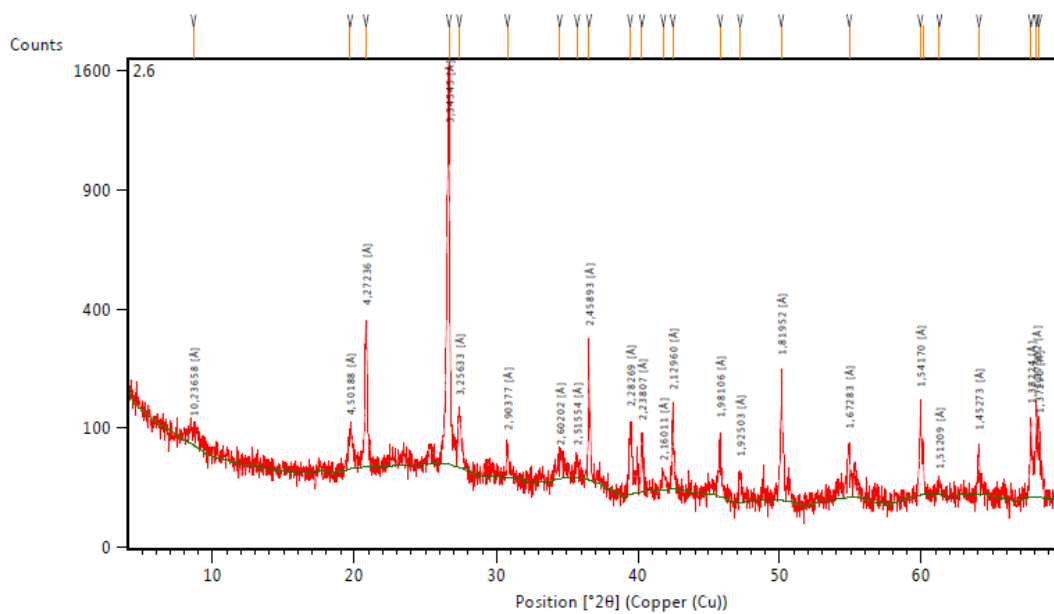


Figura A. 53 - Difratograma amostra 2.6

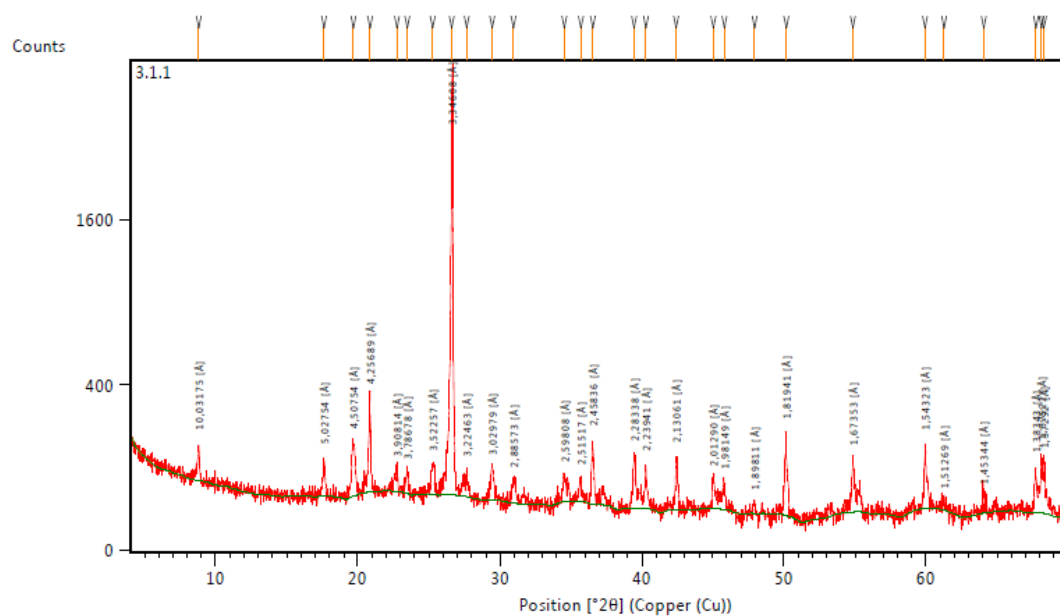


Figura A. 54 - Diffractograma amostra 3.1.1

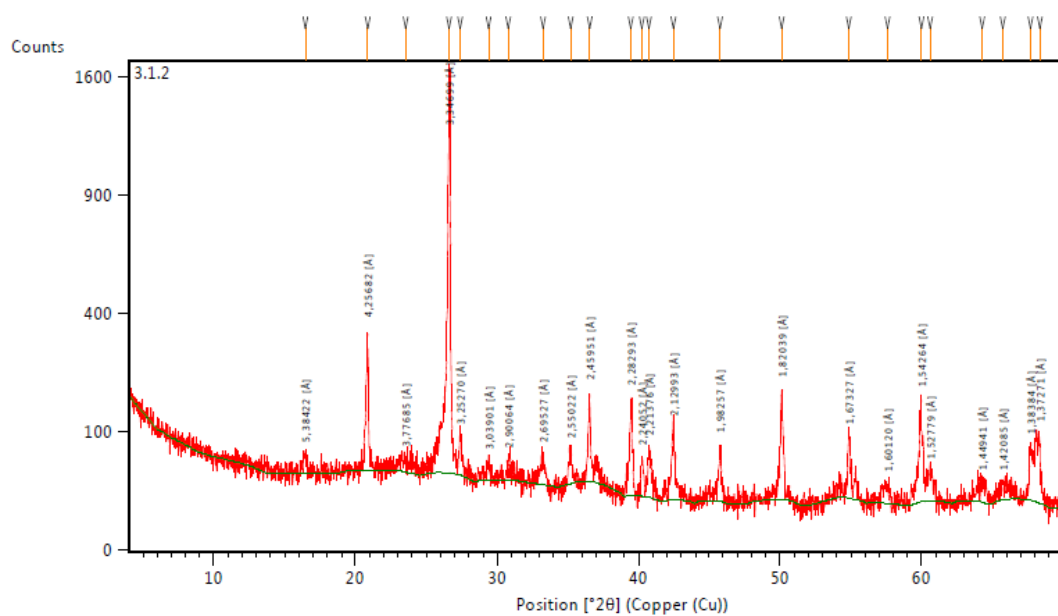


Figura A. 55 - Diffractograma amostra 3.1.2

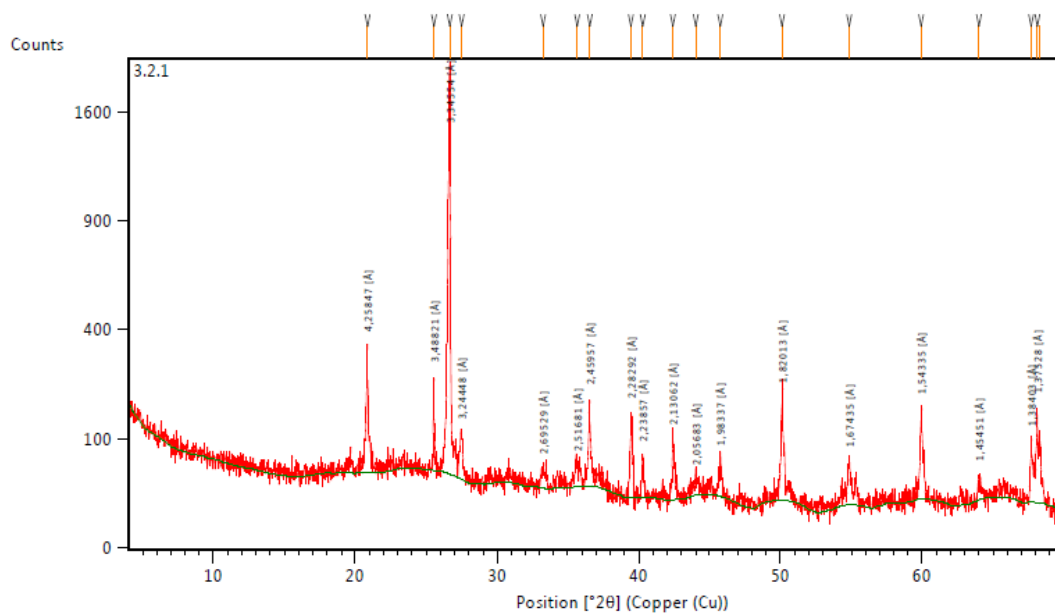


Figura A. 56 - Difractograma amostra 3.2.1

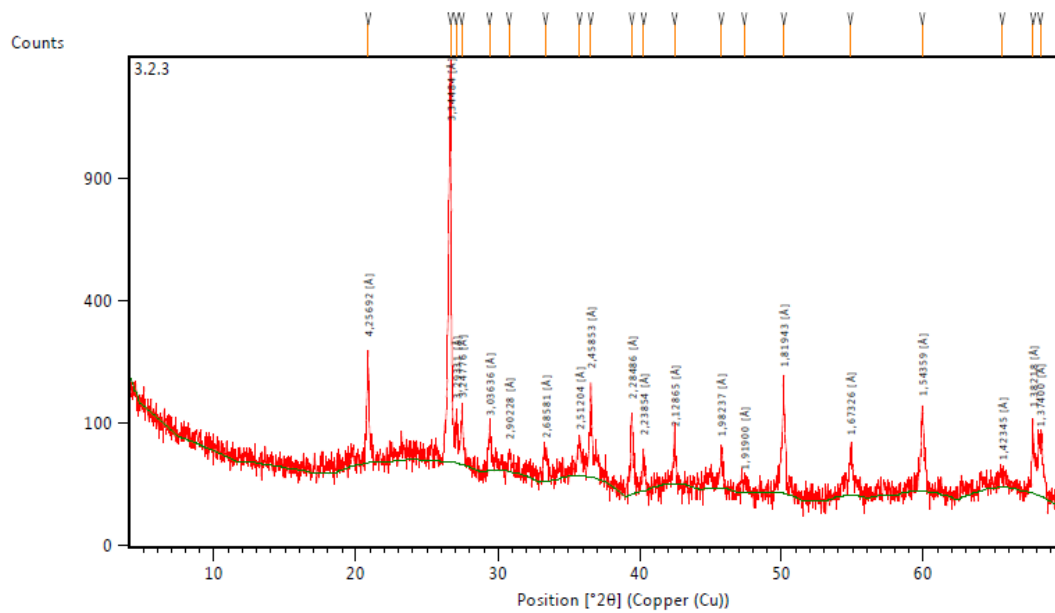


Figura A. 57 - Difractograma amostra 3.2.3

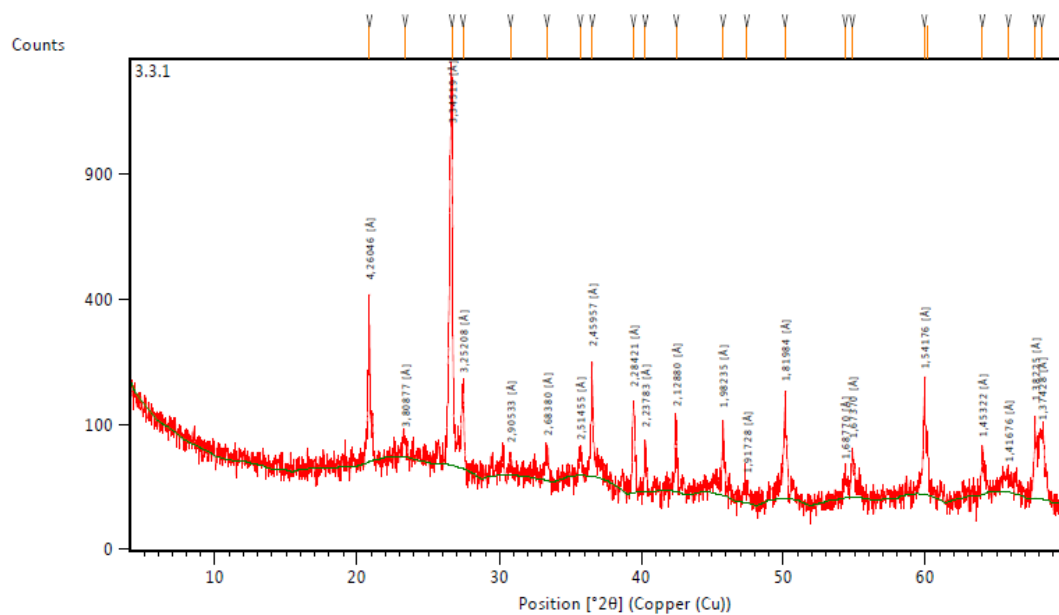


Figura A. 58 - Difractograma amostra 3.3.1

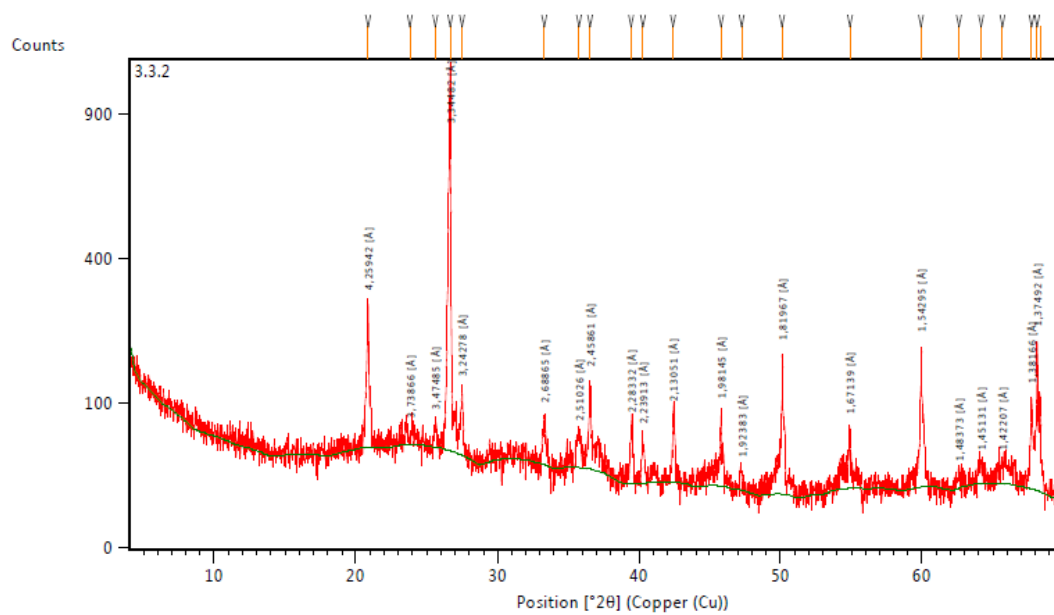


Figura A. 59 - Difractograma amostra 3.3.2

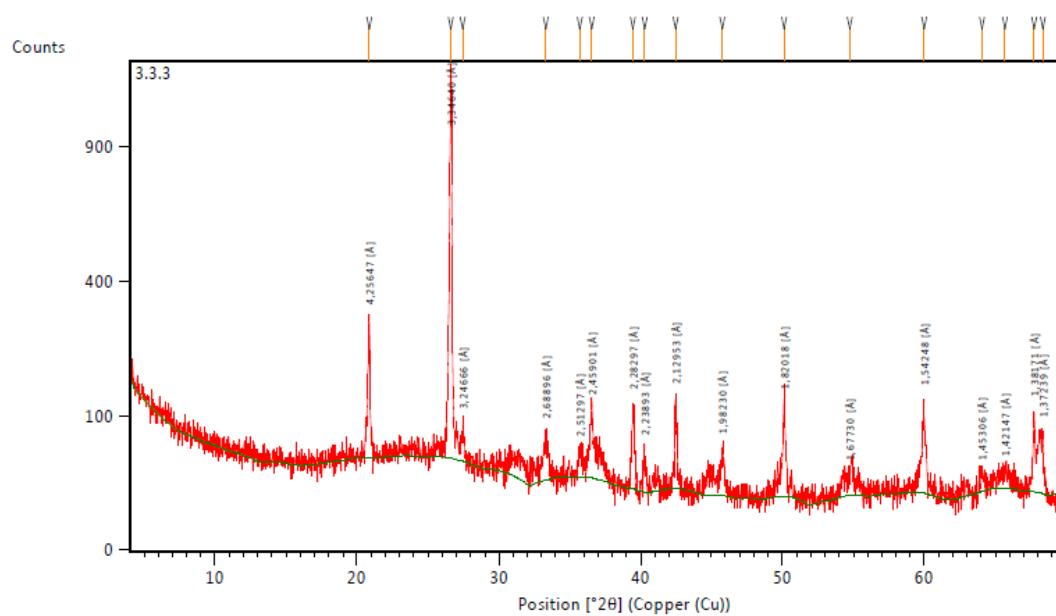


Figura A. 60 - Difratograma amostra 3.3.3

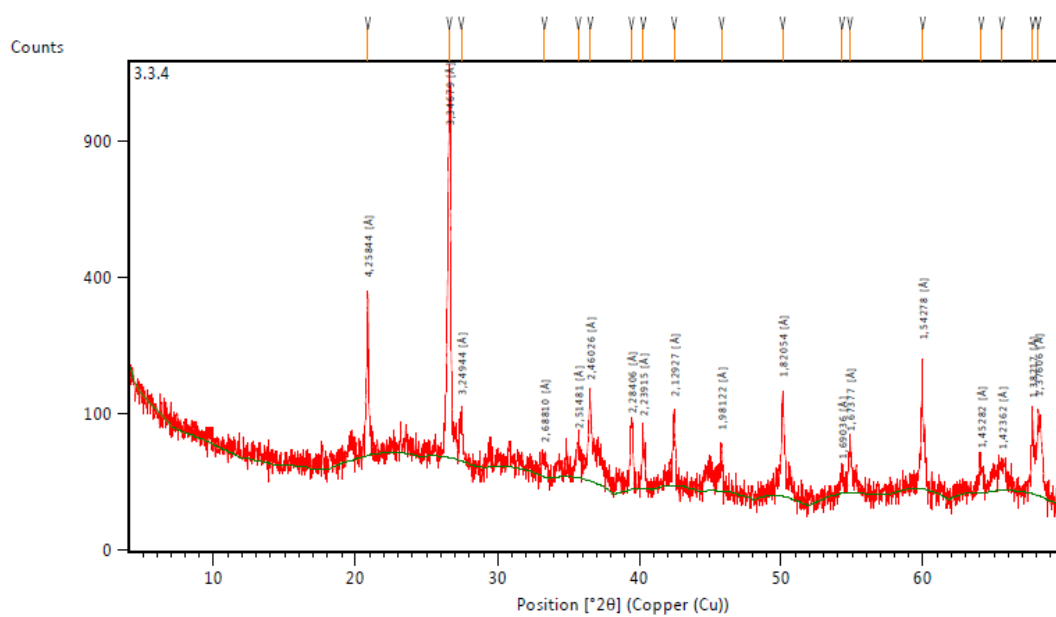


Figura A. 61 - Difratograma amostra 3.3.4

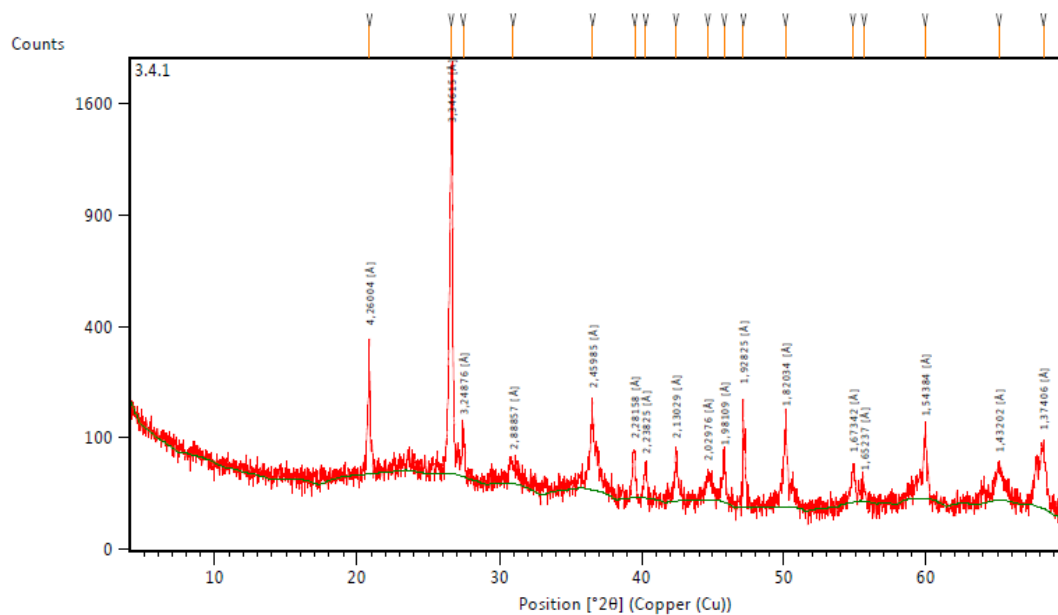


Figura A. 62 - Difractograma amostra 3.4.1

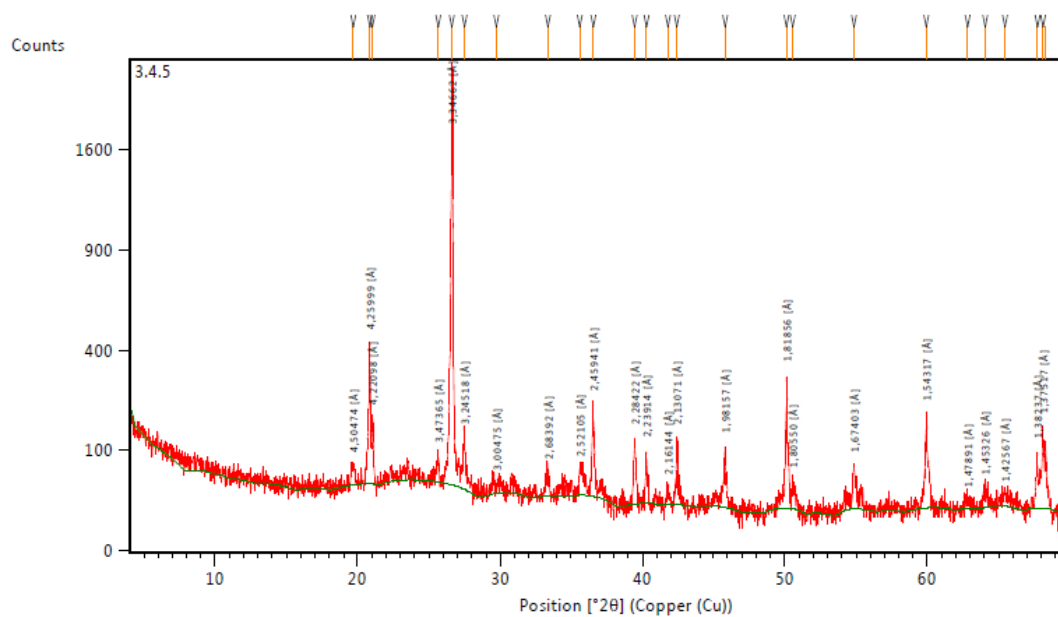


Figura A. 63 - Difractograma amostra 3.4.5

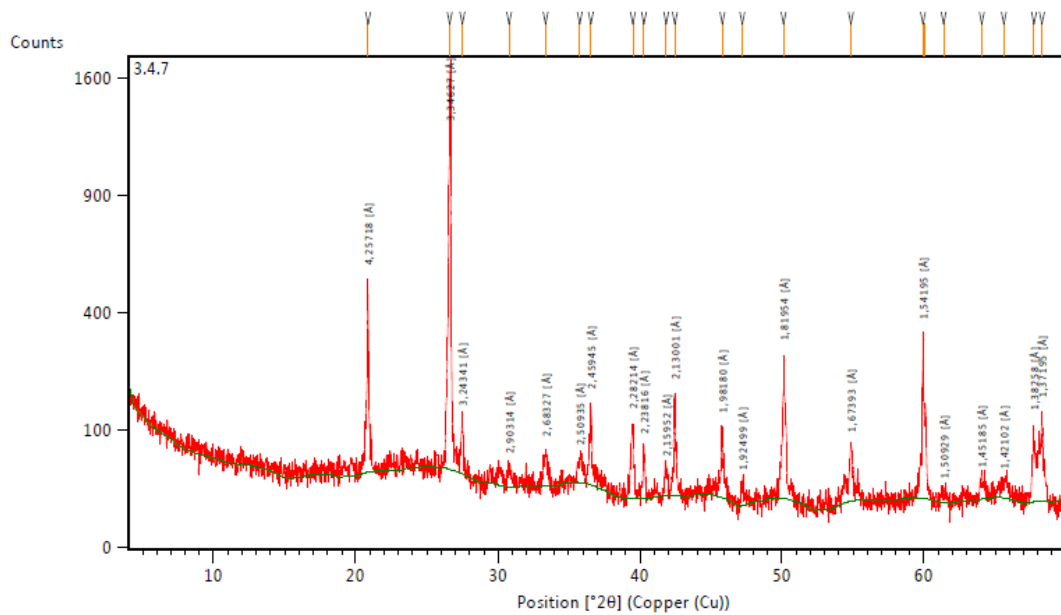


Figura A. 64 - Difratograma amostra 3.4.7

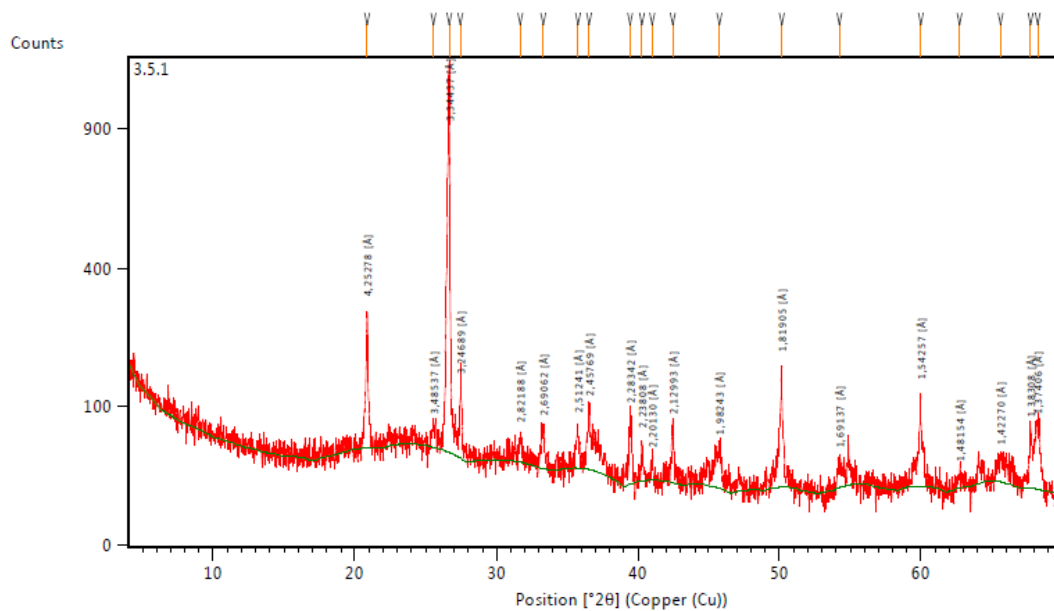


Figura A. 65 - Difratograma amostra 3.5.1

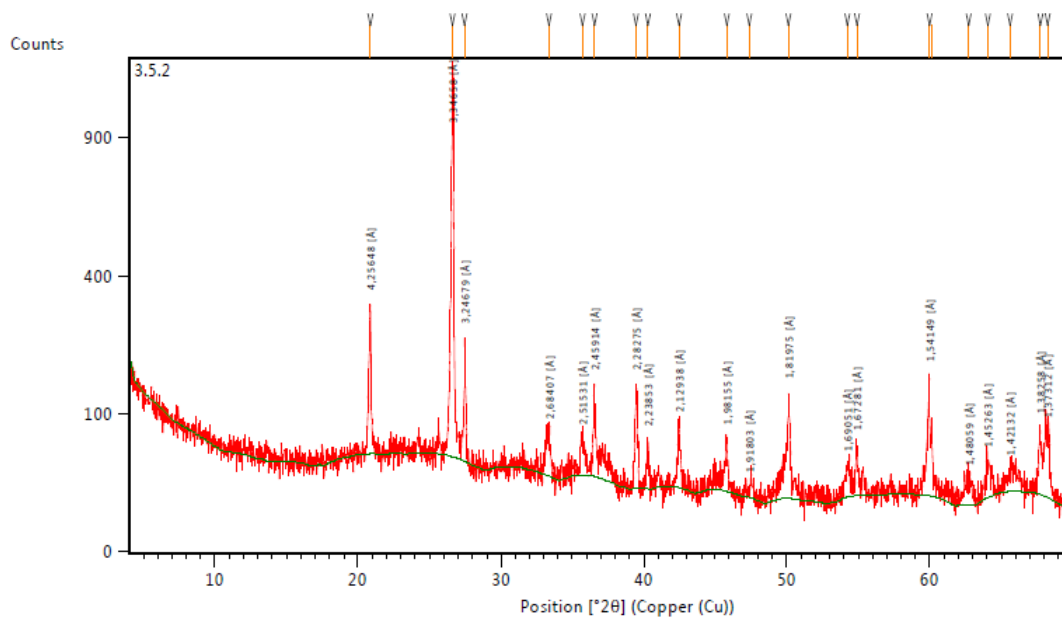


Figura A. 66 - Difractograma amostra 3.5.2

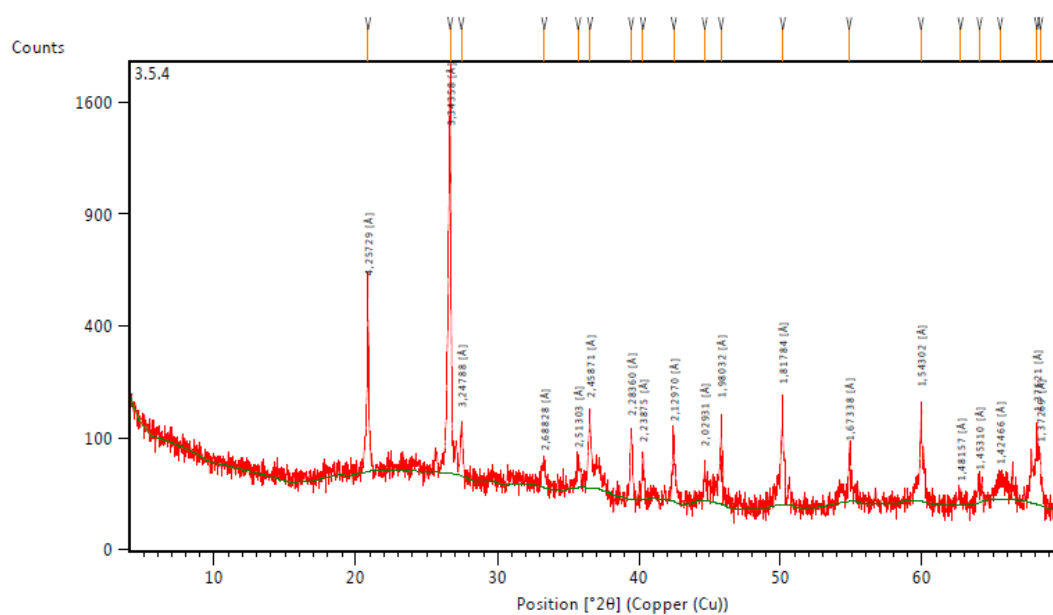


Figura A. 67 - Difractograma amostra 3.5.4

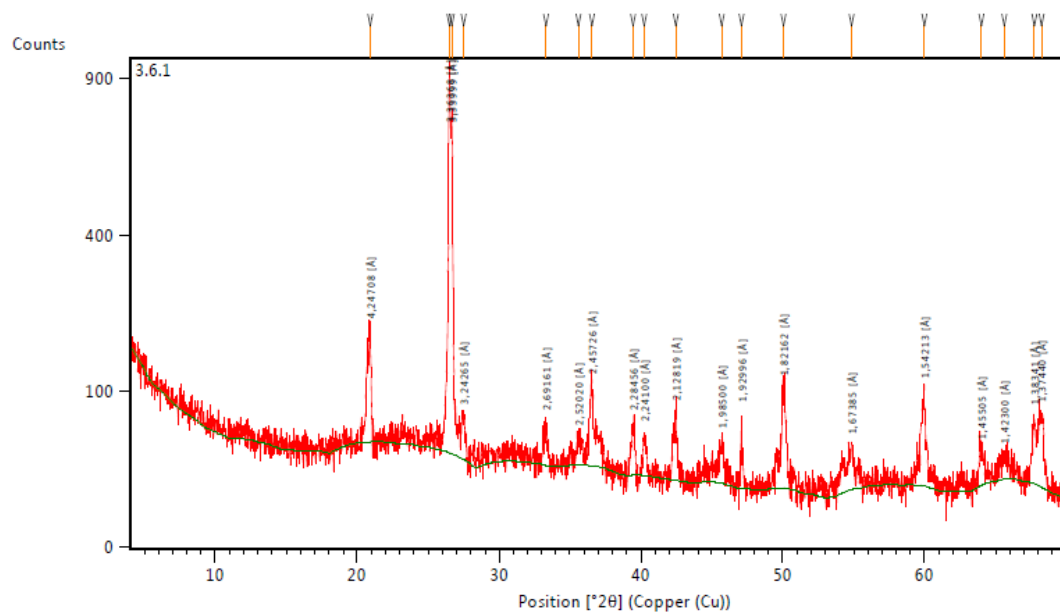


Figura A. 68 - Difractograma amostra 3.6.1